

Г. Р. ОГАНЕЗОВ
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ
АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

V

ЕРЕВАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. КАРЛА МАРКСА

Профессор Г. Г. ОГАНЕЗОВ

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ
АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

ТОМ V

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА СКЛОНЕ
МАССИВА АРАГАЦ

АИПЕТРАТ
ЕРЕВАН, 1964 г.



17645

14803

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос использования подземных вод массива Арагац в долине и на предгорьях для ирригации и энергетики стал весьма актуальным после решения партии и правительства сохранить воды озера Севан, предельно сократив попуски из озера. Во исполнение этого решения были выполнены изыскания и исследования с целью переброски вод с соседних бассейнов повысить расход оз. Севан. Это мероприятие оказалось экономически целесообразным, однако сохранено требование переключить часть попусковых вод настоящего времени на другие источники.

При этих условиях естественно стремление более детально изучить возможности использования подземных вод Арагаца.

Настоящий том является конечным в ряде исследований, проведенных нами. Надо однако оговориться, что до сих пор не проводилось широких специальных изысканий на воду, и это обстоятельство, конечно, накладывает свой отпечаток на результаты исследований, изложенных в нашей работе.

Мы все же считаем нужным дать предварительную разработку вопроса, учитывая, что хотя такая разработка и не может быть исчерпывающей, все-таки она охватит весь комплекс имеющихся к настоящему времени документаций из различных областей науки и техники и даст наиболее конкретное содержание будущим изысканиям и исследованиям для разрешения проблемы во всех ее деталях.

Для выполнения поставленной задачи необходимо в первую очередь иметь правильные данные по палеорельефу и по гидрогеологии массива Арагац.

Для удовлетворительного решения этой задачи мы счи-

Новыми научными достижениями в настоящей книге являются открытие значительного по размерам (свыше 1500 кв. км) высокогорного подземного озера в лавах горного массива Арагац (Арм. ССР) и разработка методов эксплуатации его в качестве подземного водохранилища.

На принципе вулканической депрессии определен ныне деформированный палеорельеф, являющийся водупором для подземных вод и даны гидрогеологические параметры трещиноватых лав озера.

Несмотря на то, что горный массив Арагаца перекрывает подземное озеро слоем лав мощностью до трех километров, путем построения дифференциального гидрографа, предложенного автором, изучен гидрологический режим озера: дебиты, сток, сезонная динамика расходов, а также рассмотрены и разрешены специальные вопросы, как образование на поверхности озера от неравномерной инфильтрации атмосферных осадков движущихся и набегающих друг на друга волн и доля их расходов в общем расходе озера в любой момент.

Книга изложена на основе новых принципов вулканологии, разработанных автором, и дает гидрогеологам и гидрологам новые подходы при проектировании мероприятий по захвату подземных вод в крупном масштабе.

таем необходимым в данной работе выполнить следующую программу:

1) дать плановое и высотное расположение воронки вулканической депрессии для условной горизонтальной плоскости под массивом Арагац с отметкой 1420 м. Эта отметка была выявлена нами раньше (11) как наинизшая отметка довулканического рельефа в сечении Араратской котловины, проходящей через вершины гор Арарат и Арагац.

Определение отметок этой воронки даст нам возможность наложить на нее древний довулканический рельеф и получить тем самым ныне деформированный палеорельеф третичных пород.

2) Определить характер первоначального довулканического рельефа, ныне погребенного и деформированного под лавами Арагаца. Восстановление довулканического рельефа надо проводить в увязке с характером обнаженного рельефа, окружающего массив Арагац.

3) Учитывая, что северная и восточная части рамы Арагаца сложены древними породами и не затоплены лавами, нам необходимо, поддерживая геоморфологические зависимости, дать деформированную кровлю третичных пород под массивом Арагац в полной увязке с окружающими массив территориями.

Южная пограничная полоса массива Арагац покрыта ныне четвертичными аллювиальными и озерными отложениями. Третичные породы, хотя и перекрыты указанными отложениями, но деформированный палеорельеф их все же достаточно хорошо нам известен по глубоким скважинам, заложенным в долине реки Аракс.

Западная граница также имеет ряд скважин, вскрывших кровлю третичных пород и, кроме того, известны отдельные участки их выходов на дневную поверхность.

Если эти точки приходятся в пределах воронки вулканической депрессии, их можно восстановить в случае надобности в прежних отметках. По выполнении этих основных задач, представляется возможность восстановить палеорельеф, деформированный уже под лавами Арагаца.

4) Дальнейшей нашей задачей должно быть определение гидронизогипс массива Арагац. Вулканические породы на Арагаце имеют значительную мощность и, хотя лава Арагаца характеризуется трещиноватостью, все же в разрезе лав имеем ряд водоупоров из туфов и туфолов, а порой и из самих лав. Инфильтрующиеся воды по трещинам, по контактам и по полосам разломов опускаются в нижние горизонты и скопляются на древних довулканических породах подошвы горы и вытекают оттуда по низким участкам подошвы. Этот общий ход инфильтрующихся вод нередко дает и наруше-

ния, а именно, еще не достигнув до водоупорной подошвы, воды вытекают на склоне горы в виде родников. Нашей основной задачей являются: определить гидроизогипсы для вод, скопляющихся над подошвой горы и дать общую характеристику висячих вод, питающих склоновые родники.

5) Выявив наличие в трещиноватых лавах Арагаца скопления подземных вод, мы ставим себе задачей определить основные его показатели: площадь, глубину, трещиноватость водонасыщенных лав и пр. Подземные воды Арагаца скоплены в резко очерченной чаше, сложенной осадочными породами. В отличие от обычных водоносных горизонтов, условно, будем называть затопленную водой чашу подземным озером и для последнего выясним его гидрологический режим, именно: сток, расходы, сезонную динамику расходов и такие специальные вопросы, как образование на поверхности озера от неравномерной инфильтрации осадков волн, движущихся и набегающих друг на друга, и долю их расхода в общем расходе озера в любой момент.

6) Считаем необходимым дать характеристику сливного участка и участка высачивания, их гидрогеологические и гидрологические параметры и, наконец,

7) основные показатели р. Севджур и связь их с работой подземного озера.

8) В заключительной главе будет представлено подземное озеро в роли подземного водохранилища и будут даны соображения о месте заложения и характере каптажных сооружений, а также перечень изыскательских и исследовательских работ, необходимость которых выявлена схемой.

Район исследования массива Арагац ограничивается с востока рекой Касах. Междуречье Касах—Занга и обширная лавовая территория Гегамского хребта в этой работе не затрагиваются, считая изучение подземных вод этой значительной территории содержанием другой нашей работы.

Автор признателен академику С. С. Мкртчяну, доктору геолого-минералогических наук А. Т. Асланяну и профессору Н. И. Толстихину за рецензирование работы.

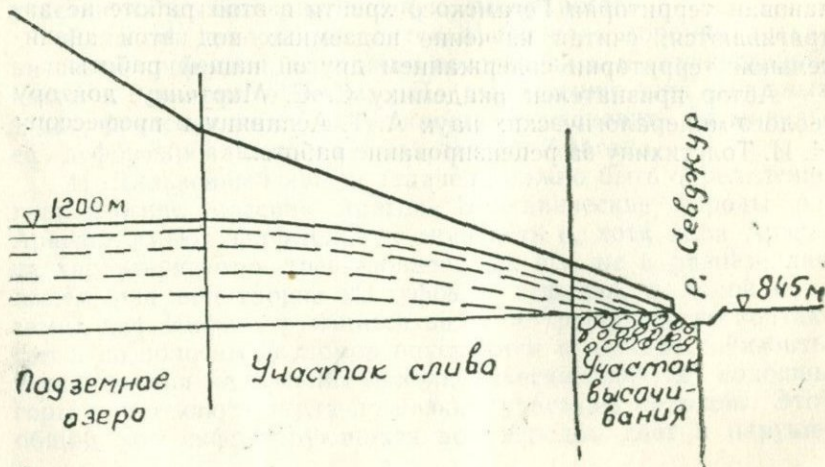
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА СКЛОНЕ МАССИВА АРАГАЦ

Наши исследования показали, как это будет видно из дальнейшего изложения, что под массивом Арагац на значительной площади в трещиноватых лавах имеется высокогорное подземное озеро с отметкой уровня по линии слива 1000—1250 м. Оно проточное, сливает свои воды в южном направлении через участок слива с падением до 350 м.

Внизу, за сливным участком, располагается, как это называется в гидродинамике, участок высачивания. Последний имеет сравнительно небольшую площадь и ограничен верхней отметкой в 850 м. Участок высачивания, имея значительную порозность, свободно принимает воды от сливного участка и на стыке с Араратской долиной на отметке 845 м изливает принятые воды в истоки р. Севджур.

Ниже представлена схема подземного озера, участка слива и высачивания.

Вертикальный масштаб десятикратно увеличен.



ОБЩИЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ,
ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОМЕТРИЯ р. СЕВДЖУР

Река Севджур является левым притоком р. Аракс.

Располагаясь в центральной части Арагатской долины, она пересекает последнюю в диагональном направлении. Река Севджур начинается у подножья горы Арагац на стыке Эчмиадзинского и Октемберянского районов. Концентрированные, чрезвычайно мощные родники в истоках этой реки на первых же четырех километрах почти полностью формируют реку при суммарном расходе до 20 м³/с. Общая длина реки 36 километров, площадь водосбора 3450 кв. км. (по исчислению Арм. УГМС).

В реку Севджур впадает с левой стороны горная река Касах. Хотя других притоков р. Севджур не имеет, но поступления в нее вод все же имеются. Западный склон Арагаца дает свои воды в Севджур по руслу, так называемого, Селава-Мастары. Весной, во время интенсивного таяния снегов или летом, во время ливней по Селава-Мастаре текут большие воды с расходом до 30—50 и более м³/с. Воды Селава-Мастары, не доходя до истоков р. Севджур, до 1936 года разливались по значительной площади, а затем просачивались в реку Севджур; в настоящее время русло Селава-Мастары обваловано.

Помимо Селава-Мастары в р. Севджур впадают с правой стороны воды староречий Аракса—Кобу-Ардашара и Куру-Араза,—несущие как сдренированные болотные воды, так и воды от сбросов оросительных систем.

Расход Кобу-Ардашара доходит до 0,5 м³/с, а Куру-Араза—1,5—2,5 м³/с.

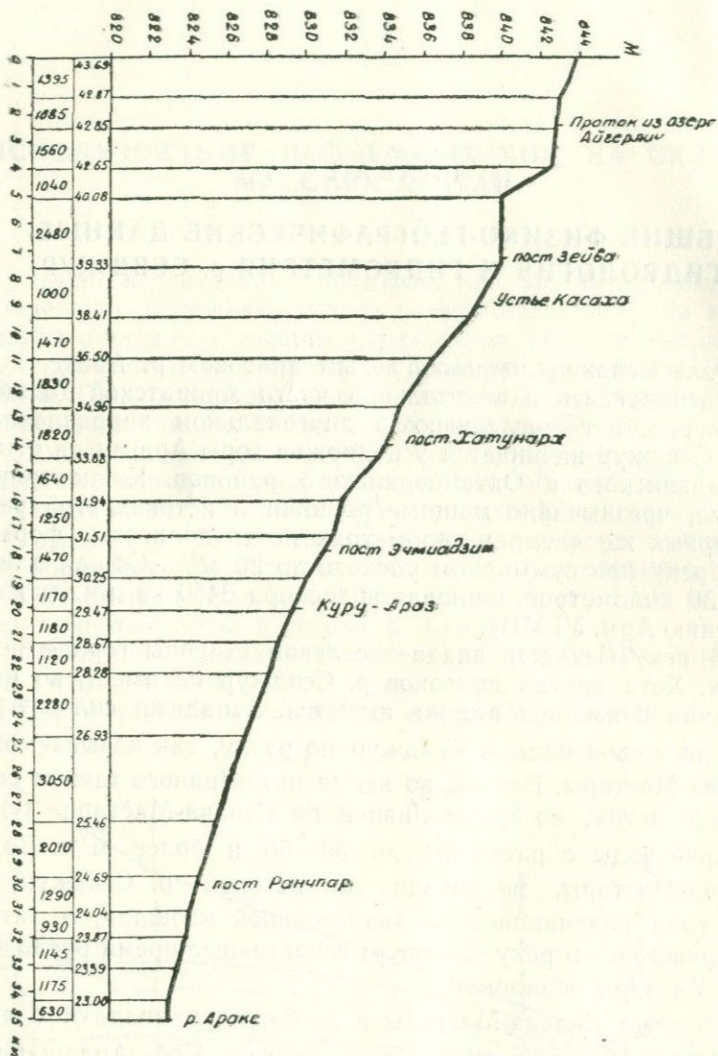


Рис. 1. Продольный профиль реки Севджур.

Уклоны реки Севджур (рис. 1) относительно незначительны и равны:

1. От Зейвинской дамбы до впадения р. Касах — 0,0008
2. От устья р. Касах до моста у Хатунарха — 0,0009
3. Далее до железнодорожного моста — 0,0008
4. Далее до 25 км — 0,0006
5. До устья реки Севджур — 0,0004

При указанных уклонах и при наличии в некоторых местах поперечных дамб, сооруженных для целей орошения, скорость речного потока в межень равна:

У поста Зейва	— 0,40 м/с
» » Хатунарх	— 0,45 »
» » ж.-д. моста	— 0,70 »
» » Ранчпар	— 0,45 »

Гидрологически р. Севджур можно разделить на два участка: первый — от истоков до впадения р. Касах, и второй — ниже до устья.

а) Длина участка от истока до впадения р. Касах — 11 км.

На протяжении начальных 7 км и главным образом на первых четырех километрах выходят мощные родники. Прибрежная полоса с обеих сторон реки занята довольно широкими болотами, относительно больше их на правом берегу.

На первых километрах река протекает в низких берегах, покрытых камышевыми зарослями. Береговые полосы остальной части реки в пределах рассматриваемого участка (ниже Зейвинской дамбы) заболочены в значительно меньшей степени и берега реки здесь довольно хорошо очерчены.

В пределах рассматриваемого участка расположено небольшое озеро Айгерлич, площадью около 6 га. Воды этого озера в настоящее время поступают в реку Севджур по искусственному протоку длиной в 700 метров с расходом в 1,5—3,0 м³/с.

Левая береговая полоса на протяжении 2—3 км примыкает почти вплотную к подножью массива Арагац, а остальная часть и вся правая береговая полоса, равнинная и заболоченная, сливается с широкой, в несколько десятков километров, долиной р. Аракс.

Затопляемая пойма на этом участке незначительная в связи с небольшими колебаниями уровня воды в реке, не превышающими, по данным Арм. УГМС, 0,46 м.

Меженное русло реки извилистое, образует местами глубокие заливы, островки, поросшие камышами; берега низкие, сильно заболоченные. Ширина реки ниже Зейвинской дамбы колеблется в пределах 20—30 м, глубина 1,5—2,5 м, дно реки покрыто илом, зарослями тростника и водорослями.

б) Второй участок реки от места впадения р. Касах до устья реки Севджур имеет длину 25 км. На этом участке река диагонально перерезает аллювиальную долину Аракса. Местами речная полоса достаточно извилиста; в нижней части участка, при подходе к реке Аракс, река Севджур образует крупные меандры.

Аракс—многоводная река, несущая значительное количество донных и взвешенных наносов, а река Севджур родникового происхождения, несущая лишь весьма мелкие частицы. В связи с этим обстоятельством базис эрозии р. Севджур неизменно поднимается и река вынуждена постоянно перемещать свою устьевую точку вниз по реке Аракс в поисках более низкой отметки и меандрировать. Этим объясняется то, что река Севджур в настоящее время на некотором, довольно значительном, протяжении протекает вдоль русла р. Аракс, параллельно этой реке. В половодье ниже впадения р. Касах пойма р. Севджур затопляется незначительно вследствие достаточной глубины русла реки, достигающей 2—3 метров.

Из реки Севджур выведено несколько оросительных каналов, в реку же Севджур сбрасываются неиспользованные оросительные воды. Питание р. Севджур идет в основном со стороны горы Арагац.

Топографический бассейн реки не совпадает с действительным водосборным бассейном подземных вод, он определяется геологическими условиями, рельефом водоупорных пород, подстилающих лавы Арагаца или слоев, разделяющих отдельные эффузии лав. Как было сказано выше, река Севджур, будучи исключительно родникового происхождения, на первых четырех километрах уже приобретает свой основной расход. Этот участок приурочен к контакту аллювия Араксинской долины с лавами горы Арагац. Спускаясь под Араксинскую долину, эти лавы доходят до р. Аракс, а местами и переходят на другую сторону долины, располагаясь на линии р. Аракс на глубине около 100—120 м.

Одновременно в плановом отношении место выхода родников приурочено к наинизшей отметке линии контакта лав с аллювием долины. От истоков р. Севджур линия сопряжения лав с аллювием поднимается в обе стороны: на восток, сопрягаясь с аллювием р. Касах, на запад—с аллювием Селава-Мастары.

Родники в истоках р. Севджур имеют, вообще говоря, нелинейное расположение; они располагаются сравнительно широкой полосой вдоль контактной линии, выходят как на правом берегу реки, так и на левом, а также в пределах русла реки и заболоченных полос по обе ее стороны. Здесь можно встретить как сравнительно мелкие выходы родников,

в виде грифонов, так и крупные с дебитом 500—600 л/с, приуроченные к участкам трещиноватой лавы.

Гидроизогипсы Октемберянского района показывают, что грунтовой поток, исходящий от р. Аракс и пополняемый поливными водами, частью направляется в сторону истоков р. Севджур.

Таким образом, здесь у истоков р. Севджур имеем воды как со стороны г. Арагац, так и со стороны долины р. Аракс. Последние, встречая некоторый подпор со стороны первых, поступают в реку не в истоках р. Севджур, а несколько ниже, проходя мимо береговой полосы начального участка реки, занятого водами со стороны г. Арагац. Такое положение является причиной образования сравнительно широкой полосы заболоченных земель на правой стороне головного участка р. Севджур.

Заболачиванию береговой полосы верховьев р. Севджур способствует и, так называемая, Зейвинская дамба, сооруженная на реке Севджур на том месте, где последняя подходит к горе Зейва. Эта дамба образует подпор в 2—3 м, что в условиях слабоуклонной реки дает существенный эффект заболачивания. Лишь ниже этой дамбы река имеет более или менее отчетливые берега, хотя вплоть до впадения р. Касах, здесь по обоим берегам реки часто можно встретить пологие участки и заросли болотной растительности.

Непосредственно выше дамбы и ниже ее с правой стороны реки берут начало несколько оросительных канав. На левой стороне имеется только один вывод, забирающий воду из р. Касах близ ее устья, а в периоды маловодия—из р. Севджур.

Имеются также сбросы оросительных вод со стороны Октемберянской системы. Сбросные воды поступают в верховья р. Севджур у истоков. Помимо этого, со стороны Октемберянской долины к истокам подходят ливневые и снеговые воды Селава-Мастары.

При максимальных расходах Селава-Мастары, достигающих в редких случаях до 50—100 м³/с, в самой реке Севджур отмечены селевые воды с расходами со снятыми пиками, отражающими растекание паводочной волны.

Так, селевой поток, имевший место 15/II—35 г., дал под верхним 85 метровым железнодорожным мостом максимальный расход (пик пропущен) в 48 м³/с (Архив Мин. в. х. № 2630), а в реке Севджур у поста Эчмиадзин, на 17 км от истока реки (после впадения р. Касах) он дал расход в 83,6 м³/с при среднедекадном расходе для 2-й декады в 39 м³/с и расхода р. Касах в 3 м³/с.

На участке между гидрометрическим постом Хатунарх и постом Эчмиадзин река принимает ряд сбросов из оросительных систем р. Севджур.

Резюмируя изложенное, заключаем, что верхний участок реки до впадения р. Касах имеет исключительно родниковое питание (если не считать редких поступлений со стороны Селава-Мастары). От реки Касах и ниже водность р. Севджур в значительной мере зависит от стока горной реки Касах. В паводок со стороны р. Касах поступают расходы в 30—50 м³/сек., а порой и больше, в летнее время вовсе ничего не поступает, так как весь расход реки Касах разбирается выше на орошение.

На реке Севджур имеются в настоящее время два гидрометрических поста: а) пост Зейва и б) пост Эчмиадзин. Раньше действовали, в настоящее же время закрыты, посты Хатунарх и Ранчпар.

Общая характеристика гидрометрического материала такова: наличие дамб, сооруженных для целей орошения, подпоры со стороны Касаха и Аракса при проходе высоких вод, камышковые заросли близ некоторых постов и пр. снижают качество гидрометрического материала по р. Севджур. Процент корреляции достигает 10—12. Гидрометрический материал представлен в приложении.

Вопрос о нарастании расходов р. Севджур имеет существенное значение для освещения условий грунтового питания реки.

Для указанной цели используем экспедиционные замеры, произведенные Армводхозом в марте 1930 г., более поздних данных не имеется.

Данные гидрометрических постов также, конечно, могли бы быть использованы, но они могут лишь приблизительно осветить вопрос о нарастании естественного расхода реки. Воды р. Севджур используются для целей орошения, в связи с чем имеются каналы, по которым воды выводятся из реки и имеются каналы, по которым воды сбрасываются обратно в реку. Работа этих каналов искажает постовые показатели расходов. Учет выводов и сбросов приводит нас к расходам реки в ее естественных условиях, в условиях закрытой ирригации.

Таблица I показывает, что постовые замеры отличаются от естественных расходов на $\pm 1,5$ м³/с. Приток из Айгерлича по экспедиционному замеру имел расход в 1,41 м³/с, при этом насосы Айгерличской насосной станции не работали (см. том. II, стр. 24).

Если оставим единичные экспедиционные замеры и рассмотрим среднемесячные замеры по постам за зимние месяцы,

1930 г. март. V экспедиция

№ п. п.	Место определения расходов	Расходы на посту м ³ /с	Выводы до поста м ³ /с	Сбросы до поста м ³ /с	Действи- тельные расходы на посту м ³ /с
1.	Коллектор Сардарабадской системы	—	—	0,04	—
2.	Сброс Сардарабадской системы	—	—	0,42	—
3.	Тоже	—	—	0,44	—
4.	Тоже до Кулюбеклинских родников	—	—	0,39	—
5.	Р. Севджур у Н. Кулюбеклю	10,13	—	1,29	8,84
6.	Приток из Айгерлича	1,41	—	—	—
7.	Ранчпарская канава	—	0,05	—	—
8.	Коллектор у Верх. Зейва	—	—	0,02	—
9.	Верхне-Кархунская канава	—	0,79	—	—
10.	Река Севджур у поста Зейва	14,44	0,84	1,31	13,97
11.	Коллектор у Зейвы	—	—	0,03	—
12.	Джраратская дополнительная канава	—	0,64	—	—
13.	Канавы с. Апага после слияния с 1-ой дополнительной	—	2,53	—	—
14.	2-ая дополнительная канава	—	0,81	—	—
15.	Поступления из р. Касах	—	—	1,03	—
16.	Хатунархская канава	—	1,53	—	—
17.	Сброс канавы Апага	—	—	0,05	—
18.	Тоже	—	—	1,46	—
19.	Сброс Хатунархской канавы	—	—	1,08	—
20.	Р. Севджур у п. Хатунарх	17,47	6,35	4,95	18,87
21.	Левый сброс	—	—	1,37	—
22.	Правый сброс № 1	—	—	0,77	—
23.	» » № 2	—	—	0,43	—
24.	» » № 3	—	—	0,31	—
25.	Р. Севджур у п. Эчмиадзин	19,47	6,35	7,83	17,99
26.	Р. Севджур у п. Ранчпар	28,12	6,35	7,83	26,64

когда водозаборы и сбросы сведены к минимуму, получим указанные ниже показатели.

Таблица 2

Нарастание расходов р. Севджур

№№ п. п.	Км от начала	Наименования створов	Январь 30 г.	Февраль 30 г.	Март 30 г. эксп.	Средн. м³/с
1.	3,2	Н. Кулюбеклю	—	—	8,84	8,84
2.	4,0	У протока Айгерлица	—	—	—	12,0
3.	7,2	Зейва	14,74	13,60	13,97	14,10
4.	14,1	Хатунарх	15,77	17,05	18,87	17,23
5.	17,9	Эчмиадзин	17,63	17,72	17,99	17,78
6.	30,5	Ранчпар	23,7	23,65	26,64	24,66

Примечание: Расстояния между створами приняты по прямой линии.

В этих расходах не участвуют примерно 70% расходов Шахверта, Амперта и Касаха, которые используются на месте.

Таблица 2 отражает определенную закономерность изменения расходов за все три месяца. Некоторое снижение расходов в марте на посту Эчмиадзин надо объяснить тем, что в условиях экспедиционных замеров для участка Хатунарх—Эчмиадзин были исключены все сбросы, между тем, правобережный сброс Кобу-Ардашара включает в себе кроме сбросов оросительных вод и постоянные грунтовые воды.

Ниже приводится исчисление среднего количества поступлений воды в реку на каждый километр ее протяжения, иначе говоря, исчисление удельного поступления в реку.

Таблица 3 показывает, что максимальные поступления в реку сосредоточены на первых километрах реки.

Резкое падение величины удельного поступления на участке Хатунарх—Эчмиадзин объясняется меридиональным расположением этого участка реки при наличии на том же участке грунтового потока в том же направлении, т. е. с севера на юг.

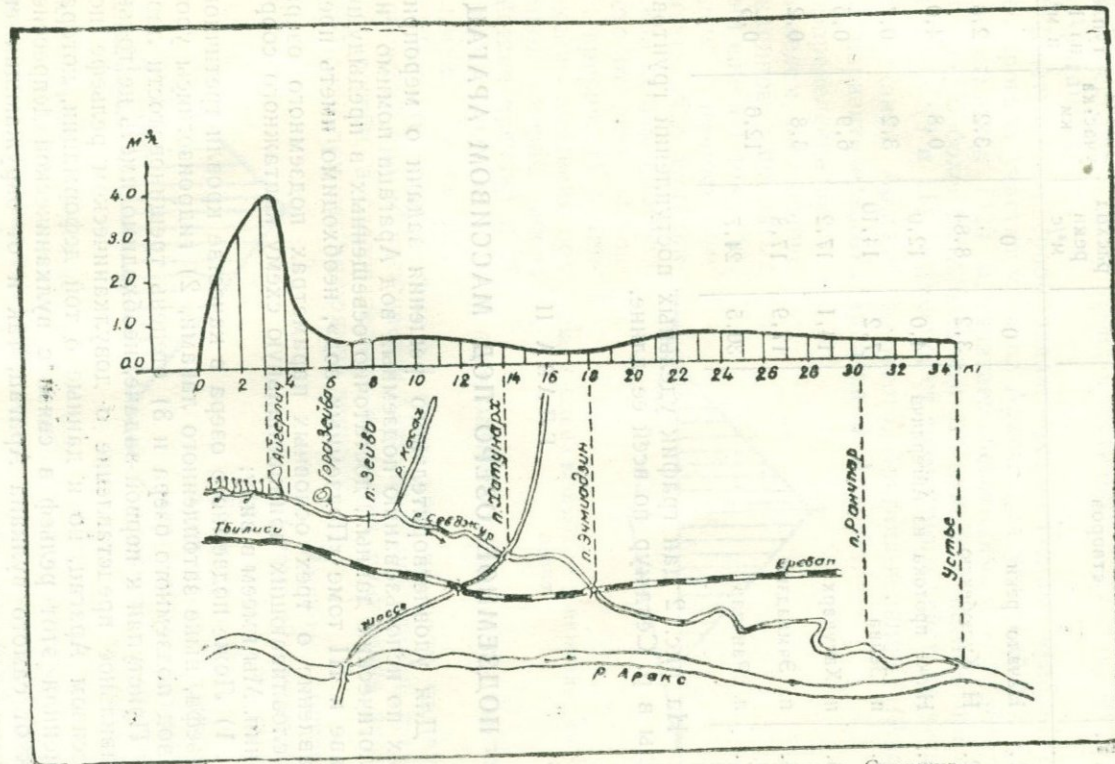


Рис. 2. График интенсивности поступления грунтовых вод в р. Севджур.

Удельные поступления грунтовых вод в р. Севджур

№№ п. п.	Наименование постов и створов	Км	Средний расход реки м³/с	Длина участка км	Уд. пос- туплен. на 1 км в м³/с
1.	Начало реки	0	0		
2.	Н. Кулюбеклю	3,2	8,84	3,2	2,8
3.	Ниже протока из Айгерлича	4,0	12,0	0,8	4,0
4.	п. Зейва	7,2	14,10	3,2	0,7
5.	п. Хатунарх	14,1	17,2	6,9	0,5
6.	п. Эчмиадзин	17,9	17,8	3,8	0,2
7.	п. Ранчпар	30,5	24,7	12,6	0,5

На рис. 2 дан график удельных поступлений грунтовой воды в р. Севджур по всей ее длине.

ГЛАВА II

ПОДЗЕМНОЕ ОЗЕРО ПОД МАССИВОМ АРАГАЦ

Для удовлетворительного решения задачи о мероприятиях по использованию подземных вод Арагаца помимо гидрологических данных, достаточно освещенных в предыдущей главе и III томе «Подземных вод», необходимо иметь представление о трех основных параметрах подземного озера, обуславливающих принципиальную схему каптажного сооружения. Мы имеем в виду:

1) Ложе подземного озера в качестве кровли третичного рельефа, ныне затопленного лавами, 2) гидроизогипсы уровня вод подземного озера и 3) степень трещиноватости лав.

Приступая к первой задаче, необходимо иметь не только правильное представление о довулканическом рельефе под массивом Арагац, но и данные о той деформации, которая изменила этот рельеф в связи с вулканической депрессией как от самого вулкана Арагац, так и от окружающих его других вулканов.

В томе III «Подземных вод» нами была выявлена наименее низшая точка Араратской долины с отметкой 1420 м (11 стр. 317), в сечении, проходящем через вершины Арагаца и Ара-

рата. Примем горизонтальную плоскость с отметкой 1420 м в качестве условной плоскости, для которой определим деформацию от вулканической депрессии. Эта же деформация полностью передается и на кровлю третичных пород под массивом Арагац.

Приступая к первой задаче—установлению вулканического прогиба участка массива Арагац для условной плоскости с отметкой 1420 м,—считаем необходимым определить этот прогиб более детально, чем это делалось нами в прежних томах (9 и 11), а именно, от совместного действия четырех вулканов: Арагаца основного, Арагаца-вершины, (Арагаца паразитического), Аралера и Арарата.

Определение прогибов ведем на основе принципов, принятых нами еще в I томе (9).

Будем по-прежнему считать, что вулканическая депрессия имеет место от двух основных причин: 1) от понижения давления под земной корой после действия вулкана и 2) от новой нагрузки в связи с появлением конического массива вулкана.

Расчеты, проведенные в I томе, ясно показали, что вулканический прогиб погашается близ контурной линии, и график прогиба, а следовательно и график понижения давления, можно принять по прямой линии.

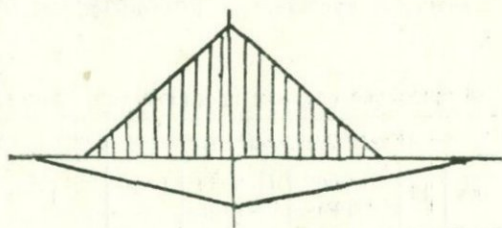


Рис. 3. Схема прогиба от понижения давления

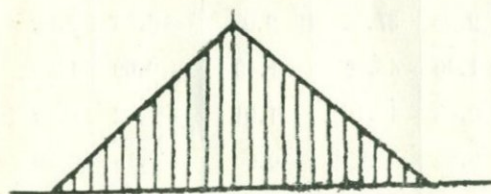


Рис. 4. График расчетной нагрузки от совместного действия веса вулканического массива и падения давления под земной корой.

Расчеты прогиба в I томе (9) проведены по известной теории Винклера. По этой теории прогиб плиты на упругом основании определяется при постоянном коэффициенте постели. Так как в условиях понижения давления упругое сопротивление под земной

корой переменное и окончательное постоянное сопротивление восстанавливается лишь по завершении процесса депрессии, мы приняли в рассмотрение условия конечного момента. Это дало нам возможность считать, что земная кора

дает прогиб по прямым линиям, т. е. аналогично прогибам от конической нагрузки, от веса самого лавового массива.

Учет этого обстоятельства разрешает нам принять полную нагрузку по закону конуса (рис. 4).

Максимальная ордината графика нагрузок нам не известна; условно примем ее равной единице.

Ставя конкретную задачу выявления современного деформированного состояния палеорельефа под массивом Арагац, мы считаем необходимым, как было сказано выше, более подробно рассмотреть вопрос установления раз-

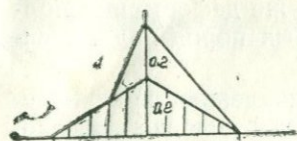


Рис. 5. График нагрузки для Арагаца-вершины; внизу — нагрузка эквивалентная падению давления под земной корой. Вверху — нагрузка вулканического массива.

Таблица 4

Определение ординат прогибов для Арагаца и Арарата по Винклеру

Арагац 7/8L=45 км					Арарат 7/8 L=56 км			
αх	l	Левая нагрузка	Правая нагрузка	Сумма	l	Левая нагрузка	Правая нагрузка	Сумма
0	0	3,08	2,08	5,16	0	3,08	2,08	5,16
0,3	5	3,51	1,53	5,04	6,22	3,51	1,53	5,04
0,6	10	3,64	1,02	4,66	12,44	3,64	1,02	4,66
0,9	15	3,52	0,61	4,13	18,66	3,52	0,61	4,13
1,2	20	3,16	0,31	3,47	24,88	3,16	0,31	3,47
1,5	25	2,62	0,10	2,72	31,1	2,62	0,10	2,72
1,8	30	2,05	—0,03	2,02	37,32	2,05	—0,03	2,02
2,1	35	1,49	—0,09	1,40	43,54	1,49	—0,09	1,40
2,4	40	1,01	—1,12	0,89	49,76	1,01	—0,12	0,89
2,7	45	0,60	—0,10	0,50	56,0	0,60	—0,10	0,50
3,0	50	0,30	—0,08	0,22	62,22	0,30	—0,08	0,22
3,3	55	0,09	—0,06	0,30	68,44	0,09	—0,06	0,03
3,6	60	—0,05	—0,04	—0,09	74,66	—0,05	—0,04	—0,09
3,9	65	—0,10	—0,03	—0,13	80,88	—0,10	—0,03	—0,13
4,2	70	—0,15	—0,01	—0,16	87,10	—0,15	—0,01	—0,16

мера депрессии от каждого вулкана для любой точки основания массива Арагац.

В таблице 1 (9) даны ординаты прогибов для выделенной полоски при треугольной нагрузке. Применяя данные таблицы для конической нагрузки, исчисляем прогибы от основного Арагаца для различных точек основания; абсциссы этих точек определяем в долях полутолщины.

Таким же образом определяются ординаты прогибов для различных точек основания массива от Арагаца-вершины. Учитывая фактические условия, нагрузку принимаем по графику, представленному на рис. 5.

Величину центральной ординаты принимаем по-прежнему в размере 0,4 (9 стр. 68).

Исчисленные величины ординат нагрузок приводим в таблице 5.

Таблица 5

Определение ординат графика нагрузок для Арагаца-вершины
(по рис. 5)

x	l	Ординаты			Ординаты суммарные	
		нижний y_1	верхний лев. y_2	верхний прав. y_3	Улев.	Упр.
0	0,0	0,200	0,200	0,200	0,40	0,400
0,3	4,5	0,175	0,100	0,175	0,275	0,350
0,6	9,0	0,150	0,0	0,150	0,150	0,300
0,9	13,5	0,125	—	0,125	0,125	0,250
1,2	18,0	0,100	—	0,100	0,100	0,200
1,5	22,5	0,075	—	0,075	0,075	0,150
1,8	27,0	0,050	—	0,050	0,050	0,100
2,1	31,5	0,025	—	0,025	0,025	0,050
2,4	36,0	0,0	—	0,0	0,0	0,0
2,7	40,5					
3,0	45,0					
3,3	49,5					
3,6	54,0					

Под действием каждой силы, представленной в таблице 2, исчислены ординаты прогибов от совместного действия

всей нагрузки. Эти прогибы даны по элементам в таблицах 6, 7 и суммарное их действие в таблице 8.

Таблица 6

Определение ординат прогиба для Арагаца-вершины от нагрузки на левой стороне

км	0,400	0,275	0,150	0,125	0,100	0,075	0,050	0,025	Сумма
Левые ординаты									
0	0,400	0,256	0,114	0,071	0,039	0,018	0,006	0,001	0,905
4,5	0,372	0,275	0,140	0,095	0,057	0,029	0,012	0,003	0,983
9,0	0,304	0,256	0,150	0,116	0,076	0,043	0,020	0,006	0,971
13,5	0,228	0,209	0,140	0,125	0,093	0,058	0,028	0,010	0,891
18,0	0,156	0,157	0,114	0,116	0,100	0,070	0,038	0,014	0,765
22,5	0,096	0,107	0,085	0,095	0,093	0,075	0,046	0,019	0,626
27,0	0,048	0,066	0,058	0,071	0,076	0,070	0,050	0,023	0,462
31,5	0,016	0,033	0,036	0,049	0,057	0,058	0,046	0,025	0,320
36,0	0,004	0,011	0,018	0,030	0,039	0,043	0,038	0,023	0,206
40,5	0,012	0,003	0,006	0,015	0,024	0,029	0,028	0,019	0,112
45,0	-0,016	-0,008	0,0015	0,005	0,012	0,018	0,020	0,014	0,060
49,5	-0,016	-0,011	-0,004	0,001	0,004	0,009	0,012	0,010	0,005
54,0	-0,016	-0,011	-0,006	0,004	0,001	0,003	0,006	0,006	-0,021
Правые ординаты									
0	—	0,26	0,11	0,07	0,04	0,02	0,00	—	0,50
4,5	—	0,21	0,08	0,05	0,02	0,01	0,0	—	0,37
9,0	—	0,16	0,06	0,03	0,01	0,0	0,0	—	0,26
13,5	—	0,11	0,04	0,02	0,0	0,0	—	—	0,17
18,0	—	0,07	0,03	0,01	0,0	—	—	—	0,10
22,5	—	0,03	0,01	0,01	0,0	—	—	—	0,04
27,0	—	0,01	0,0	0,00	0,0	—	—	—	0,01
31,5	—	0,00	-0,01	0,0	—	—	—	—	-0,01
36,0	—	-0,01	-0,01	-0,01	—	—	—	—	-0,03
40,5	—	-0,01	-0,01	-0,01	—	—	—	—	-0,03
45,0	—	-0,01	-0,01	-0,01	—	—	—	—	-0,03
49,5	—	-0,01	-0,01	-0,01	—	—	—	—	-0,03
54,0	—	-0,01	0,0	0,0	—	—	—	—	-0,01

Определение ординат прогиба для Арагаца-вершины от нагрузки на правой стороне

км	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	Сум- ма
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------------

Правые ординаты

0,0	0,40	0,325	0,228	0,142	0,078	0,036	0,012	0,002	1,223
4,5	0,372	0,350	0,279	0,190	0,114	0,058	0,024	0,006	1,393
9,0	0,304	0,325	0,300	0,232	0,152	0,085	0,039	0,012	1,449
13,5	0,228	0,266	0,279	0,250	0,186	0,114	0,057	0,019	1,399
18,0	0,156	0,200	0,228	0,232	0,200	0,139	0,076	0,028	1,259
22,5	0,096	0,136	0,171	0,190	0,186	0,150	0,093	0,038	1,060
27,0	0,048	0,084	0,117	0,142	0,152	0,139	0,100	0,046	0,828
31,5	0,016	0,042	0,072	0,097	0,114	0,114	0,093	0,050	0,598
36,0	0,004	0,014	0,036	0,060	0,078	0,085	0,076	0,046	0,399
40,5	-0,012	0,003	0,012	0,030	0,048	0,058	0,057	0,038	0,234
45,0	-0,016	-0,010	0,003	0,010	0,024	0,036	0,039	0,028	0,114
49,5	-0,016	-0,014	-0,009	0,002	0,008	0,018	0,024	0,019	0,032
54,0	-0,016	-0,014	-0,012	-0,007	0,002	0,006	0,012	0,006	-0,023

Левые ординаты

0.	—	0,32	0,23	0,14	0,08	0,04	0,01	0,0	0,82
4,5	—	0,27	0,17	0,10	0,05	0,02	0,00	0,0	0,61
9,0	—	0,20	0,12	0,06	0,02	0,01	0,0	0,0	0,41
13,5	—	0,14	0,07	0,03	0,01	0,0	0,0	—	0,25
18,0	—	0,08	0,04	0,01	0,0	-0,01	0,0	—	0,12
22,5	—	0,04	0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,0	—	0,03
27,0	—	0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,0	—	-0,02
31,5	—	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,0	—	-0,04
36,0	—	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,0	—	-0,05
40,5	—	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,0	0,0	—	-0,04
45,0	—	-0,01	-0,01	-0,01	-0,0	-0,0	0,0	—	-0,03
49,5	—	-0,01	-0,01	-0,0	-0,0	-0,0	0,0	—	-0,02
54,0	—	-0,01	0,01	-0,0	-0,0	-0,0	0,0	—	-0,02

Определение суммарного прогиба для Арагаца-вершины от всей нагрузки

км	Левая сторона			Правая сторона		
	от левой нагрузки	от правой нагрузки	сумма для лев. стороны	от правой нагрузки	от левой нагрузки	сумма для прав. стороны
0	0,90	0,82	1,72	1,22	0,50	1,72
4,5	0,98	0,61	1,59	1,39	0,37	1,76
9,0	0,97	0,41	1,38	1,45	0,26	1,71
13,5	0,89	0,25	1,14	1,40	0,17	1,57
18,0	0,76	0,12	0,88	1,26	0,10	1,36
22,5	0,63	0,03	0,66	1,06	0,04	1,10
27,0	0,46	-0,02	0,44	0,83	0,01	0,84
31,5	0,32	-0,04	0,28	0,60	-0,01	0,59
36,0	0,21	-0,05	0,16	0,40	-0,03	0,37
40,5	0,11	-0,04	0,07	0,23	-0,03	0,20
45,0	0,06	-0,03	0,03	0,11	-0,03	0,08
49,5	0,05	-0,02	0,03	0,03	-0,03	0,0
54,0	-0,02	-0,02	-0,04	-0,02	-0,01	-0,03

Действие вулкана Аралер принято также при треугольном очертании сил с максимальной ординатой 0,2 при длине полуволны $7/8 L = 30,6$ км (9).

Прогибы для Аралера самостоятельно не вычислялись, они приняты по данным Арагаца при коэффициенте перехода равном 0,2.

Прогибы от действия Арарата приняты по ординатам Арагаца, но при $7/8 L = 56$ км (9) с учетом соображений, изложенных раньше (11).

Прогибы, представленные в предыдущих таблицах, имеют различные длины полуволн и различные максимальные ординаты. Для совместного использования ими необходимо привести их к общим масштабам в горизонтальном и вертикальном направлениях.

С этой целью результаты полученных таблиц представлены в горизонтальном масштабе, принятом в километрах, а вертикальный масштаб принят с таким расчетом, чтобы

для Арагаца при совместном действии всех четырех вулканов, иметь максимальную ординату, равную единице.

Для выполнения этой задачи данные таблицы 4 и 8 приняты умноженными на 0,2. При этом кривые прогибов для рассматриваемых вулканов получаются с ординатами по таблице 9.

Таблица 9

Ординаты прогибов, определенные для каждого вулкана в отдельности

αx	Арагац		Арагац-вершина			Аралер		Арапат	
	l	v	l	улев.	упр.	l	y	l	y
0,0	0	1,03	0	0,34	0,34	0	0,2	0	1,03
0,3	5	1,01	4,5	0,32	0,35	3,4	0,2	6,22	1,01
0,6	10	0,93	9,0	0,28	0,34	6,8	0,19	12,44	0,93
0,9	15	0,83	13,5	0,23	0,31	10,2	0,17	18,66	0,83
1,2	20	0,70	18,0	0,18	0,22	13,6	0,14	24,88	0,70
1,5	25	0,54	22,5	0,13	0,17	17,0	0,11	31,1	0,54
1,8	30	0,40	27,0	0,09	0,12	20,4	0,08	37,32	0,40
2,1	35	0,28	31,5	0,06	0,07	23,8	0,06	43,54	0,28
2,4	40	0,18	36,0	0,03	0,04	27,2	0,04	49,76	0,18
2,7	45	0,10	40,5	0,01	0,02	30,6	0,02	56,0	0,10
3,0	50	0,04	45,0	0,006	0,00	35,0	0,01	62,22	0,04
3,3	55	0,006	49,5	0,006	-0,006	38,4	0,01	68,44	0,006
3,6	60	-0,02	54,0	-0,01	—	41,8	0,0	74,66	-0,02
3,9	65	-0,03						80,88	-0,03

Отметим, что ординаты указанных кривых пока еще не имеют переходного на метры коэффициента. Этот коэффициент будет принят нами позже.

Отметим также, что все кривые при $\alpha x = 2,7$ имеют абсциссы равные 7/8 L, а именно: для Арагаца 45 км, для Арагац-вершины—36 км, для Аралера—30,6 км и для Арарата—56 км.

Для окончательного решения вопроса о прогибах обратимся к истории расчетов прогибов вообще.

Расчеты упругих оснований по Винклеру имеют уже значительную давность. Начиная с 1867 года в технической

литературе все больше и больше совершенствовались расчеты, основанные на принципе, предложенном Винклером и одновременно с ним Циммерманом, Шведлером и др. Принцип Винклера основан на гипотезе существования пропорциональности между давлением на упругое основание и его осадкой. Произведенные многочисленные эксперименты показали вполне удовлетворительное совпадение результатов с теорией. Как в иностранной, так и в нашей технической литературе имеются многочисленные исследования, основанные на принципе Винклера, и среди них крупные работы академиков А. Н. Динника, А. Н. Крылова и многих др.

Но в 1922 году одновременно появляются работы Г. Е. Проктора и Вигарда, которые поставили вопрос о пересмотре самого принципа расчета, выдвинутого Винклером, и со своей стороны предложили определять осадку, исходя из условий пространственной деформации упругого основания, при котором упругое оседание получается не только под нагруженной плитой, установленной на упругое основание, что было характерно в принципе Винклера, но и за пределами этой плиты.

Это новое предложение сразу нашло много сторонников. В связи с появлением этих работ в вопросе расчета плит на упругом основании был отмечен глубокий кризис (4). Новая теория, еще не окрепшая, изучалась, а старая теория уже была опорочена. Как это нередко бывает, положительные результаты прежних экспериментов были взяты под сомнение, появились новые наблюдения, подтверждавшие уже новую теорию и отрицавшие старую.

С течением времени появляются новые солидные работы, подтверждающие уже новую теорию (4, 5). Здесь уместно отметить, что кризис в расчетах был непродолжительным. Во-первых, не всеми учеными была признана новая теория, многие крупные ведущие ученые продолжали оставаться на принципе Винклера. Среди них можно отметить Хаяси (Япония), Надаи (Германия), П. И. Тимошенко (США) и др. Во-вторых, с течением времени появилось более спокойное отношение к старой теории.

В настоящее время уже считают, что хотя новое течение и можно считать прогрессивным, но нельзя вовсе отказаться от положительных сторон теории Винклера. Принимают, что в одних случаях более правильные решения дает новая теория, в других случаях—прежняя теория Винклера, и что выбор указанных теорий должен быть произведен в зависимости от механического состава грунта упругого основания; лучшими грунтами в смысле близости к пространственной теории упругости признаются связные глинистые грунты, с

большим значением коэффициента сцепления и малым значением угла внутреннего трения.

Меньше подходит к законам теории упругости и более подходит к условиям Винклера несвязные грунты с большим значением угла внутреннего трения и малым коэффициентом сцепления, т. е. грунты песчаные, трещиноватые, скальные, а также, что для нашего случая имеет особенно важное значение, в случаях деформаций в пластической зоне (4).

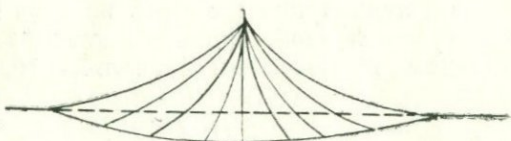


Рис. 6. Поверхность влияния для прогибов бесконечной плиты от действия сосредоточенной силы.

Переходя к нашим условиям, отмечаем, что отрицательные обстоятельства старой теории, на которые указывала новая, значительно теряют свой вес, когда рассматривается плита бесконечно больших размеров. И действительно, в рассматриваемом нами случае плитой является сама земная кора, и упругим основанием—подкорковая пластическая масса. В этом случае разница между старой и новой теориями теряет свою резкость.

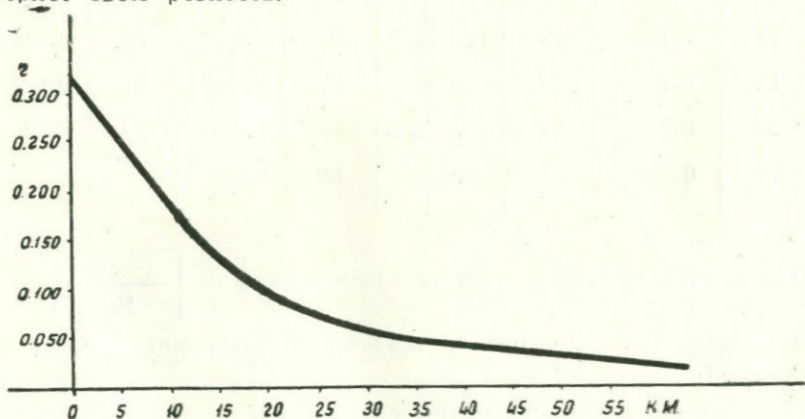


Рис. 7. Кривая поверхности влияния для прогибов плиты на упругом основании по принципу упругой пространственной деформации.

Чтобы дать исчерпывающее разрешение поставленным задачам, выполним расчет прогибов и по новой теории (других теорий нет). Как будет видно из дальнейшего, результат показывает, что прогибы по новой теории мало отличаются от прогибов, ранее вычисленных нами по Винклеру.

Согласно теории упругой пространственной деформации,

плита бесконечно большого размера от действия сосредоточенной силы получает прогиб, величину которого в любой точке плиты можно определять, используя так называемую поверхность влияния (5), (рис. 6 и 7).

Последняя представляет из себя поверхность вращения некоторой кривой, ординаты которой пропорциональны величинам, приведенным в таблице 10.

Таблица 10

Ординаты кривой влияния для определения прогибов при упругой пространственной деформации от сосредоточенной силы на плиту бесконечных размеров

Рас- стоян. км	Прогиб	Рас- стоян.	Прогиб	Рас- стоян.	Прогиб	Рас- стоян.	Прогиб
0	0,307	20	0,092	34	0,048	45	0,035
7	0,235	21	6,082	35	0,047	46	0,034
8	0,205	23	0,080	36	0,045	47	0,033
10	0,180	24	0,075	37	0,043	48	0,031
12	0,155	25	0,070	38	0,042	53	0,030
14	0,135	28	9,060	39	0,041	54	0,028
15	0,127	29	0,058	41	0,040	57	0,024
16	0,120	30	0,055	42	0,037	59	0,020
17	0,110	31	0,050	44	0,036		

Примечание: Эти ординаты умножаются на $\sqrt[3]{\left[\frac{1-\mu_0^2}{E_0}\right]^2}$;

этот коэффициент постоянен, поэтому в дальнейших расчетах не участвует.

Имея эту поверхность вращения, можно определить прогиб любой точки основания от данной силы. Суммируя эти прогибы от всех действующих нагрузок, получим окончательный суммарный прогиб любой данной точки основания.

В качестве нагрузки примем коническую нагрузку с высотой конуса, равной единице. Учитывая, что для Арагаца $7/8 L = 45$ км, в основании конуса проводим концентрические круги радиусом 10, 20, 30 и 45 км.

(рис. 8).

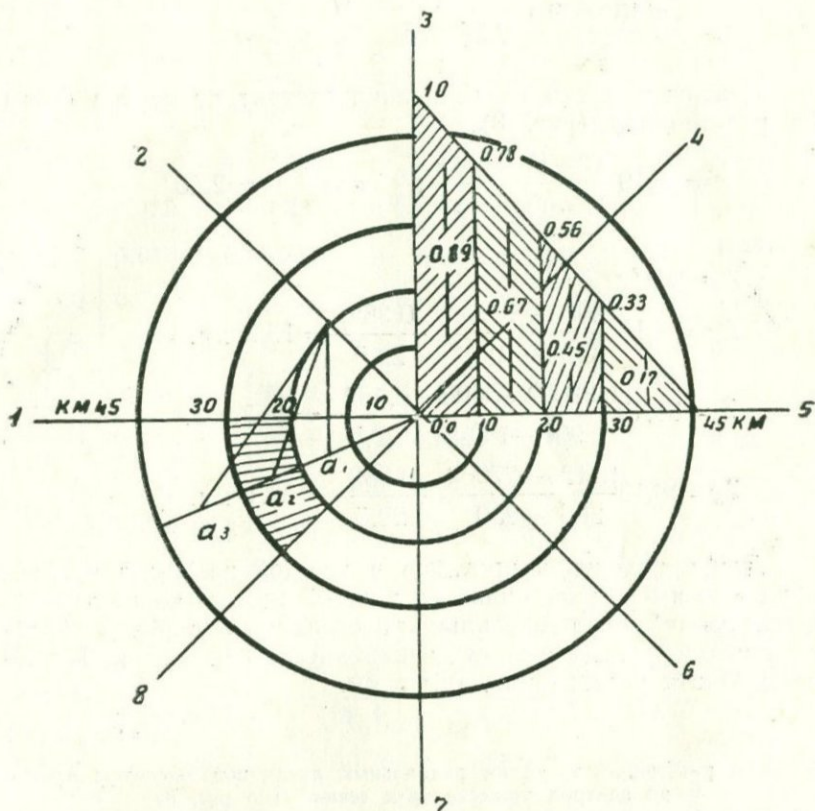


Рис. 8. К определению суммарного прогиба любой точки массива Арагац от всех нагрузок по принципу упругой пространственной деформации.

Прогибы будем определять в точках пересечений лучей с концентрическими окружностями. Таким образом, прогибы под массивом Арагац будут охарактеризованы тридцатью тремя точками, что обеспечит нам достаточную точность.

Средние высоты конуса нагрузки над каждой секцией, определяемые по рис. 8, равны: 0,89—0,67—0,45 и 0,17, а объемы над каждой секцией, пропорциональные нагрузкам, получают значения:

$$a_0 = \pi \cdot 10^2 \cdot 0,89 = 280$$

$$a_1 = \frac{\pi(20^2 - 10^2)}{8} \cdot 0,67 = 79$$

$$a_2 = \frac{\pi(30^2 - 20^2)}{8} \cdot 0,45 = 88$$

$$a_3 = \frac{\pi(45^2 - 30^2)}{8} \cdot 0,17 = 75$$

Центры тяжести их основания отстоят от центра круга на расстояниях (рис. 8).

$$Z = 38,19 \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \frac{\sin \alpha}{\alpha}; \quad \alpha = \frac{45^\circ}{2} = 22,5^\circ$$

или

$$Z_0 = 0$$

$$Z_1 = 38,19 \frac{8000 - 1000}{400 - 100} \frac{0,382}{22,5} = 15,2 \text{ км.}$$

$$Z_2 = 38,19 \frac{27000 - 8000}{900 - 400} \frac{0,382}{22,5} = 24,7 \text{ км.}$$

$$Z_3 = 38,19 \frac{91125 - 27000}{2025 - 900} \frac{0,382}{22,5} = 37,1 \text{ км.}$$

Для определения прогибов в каждой из 33-х точек необходимо иметь расстояния от каждой из них до центра тяжести секций, что равносильно расстояниям четырех радиально расположенных секций до каждой из 33-х точек. В таблице 11 эти расстояния даны в км.

Таблица 11

Таблица расстояний точек на радиальных лучах под массивом Араган до центров тяжести трех секций (по рис. 8)

Лучи	a ₁				a ₂				a ₃			
	10	20	30	45	10	20	30	45	10	20	30	45
1/8	7	8	17	31	16	9	12	24	29	20	14	17
2/7	15	20	28	41	23	24	30	42	36	34	39	46
3/6	22	29	39	53	30	36	46	59	42	49	57	68
4/5	24	34	45	59	34	43	54	68	47	56	66	80

Примечание: Четвертая секция в центре круга.

В таблице 12 выполнено исчисление прогибов по одному из радиусов, прогибы по остальным радиусам вследствие симметричности нагрузки будут тождественны.

Определение прогибов под массивом Арагац по теории упругой пространственной деформации

Ряд	Р	г=0 км		г=10 км		г=20 км		г=30 км		г=45 км	
		у	Р _у	у	Р _у	у	Р _у	у	Р _у	у	Р _у
1/8	280	0,307	86,0	0,180	50,4	0,092	25,7	0,055	15,4	0,035	9,8
	79	0,125	9,9	0,235	18,5	0,205	16,2	0,110	8,7	0,050	4,0
	88	0,072	6,2	0,120	10,6	0,190	16,7	0,155	13,6	0,075	6,6
	75	0,043	3,2	0,058	4,3	0,092	6,9	0,135	10,1	0,110	8,2
2/7	79	0,125	9,9	0,127	10,0	0,092	7,3	0,060	4,7	0,040	3,2
	88	0,072	6,2	0,080	7,0	0,075	6,6	0,055	4,8	0,037	3,2
	75	0,043	3,2	0,045	3,4	0,048	3,6	0,041	3,1	0,034	2,6
3/6	79	0,125	9,9	0,082	6,5	0,058	4,6	0,041	3,2	0,030	2,4
	88	0,072	6,2	0,055	4,8	0,047	4,1	0,034	3,0	0,020	1,8
	75	0,043	3,2	0,037	2,8	0,030	2,3	0,024	1,8	0,019	1,4
4/5	79	0,125	9,9	0,075	5,9	0,048	3,8	0,035	2,8	0,020	1,6
	88	0,072	6,2	0,048	4,2	0,037	3,3	0,028	2,5	0,019	1,7
	75	0,043	3,2	0,033	2,5	0,028	2,1	0,020	1,5	0,016	1,2
Удвоен			163,2		130,9		103,2		75,2		47,7
			326,4		261,8		206,4		150,4		95,4
			-86								
			240,4								

Примем и здесь величину максимальной ординаты равной единице, деля все итоговые величины на 261,8. В результате получим кривую с ординатами, представленными в таблице 13.

На рис. 9 приведены кривые прогибов для массива Арагац, полученные по принципу Винклера и по упругой пространственной деформации. В современных условиях для нас нет каких-либо оснований давать предпочтение той или другой теории, поэтому считаем целесообразным принять среднюю из полученных двух кривых, учитывая, что обе эти кривые по существу мало разнятся друг от друга, и поэтому имеется полное основание принять промежуточное решение.

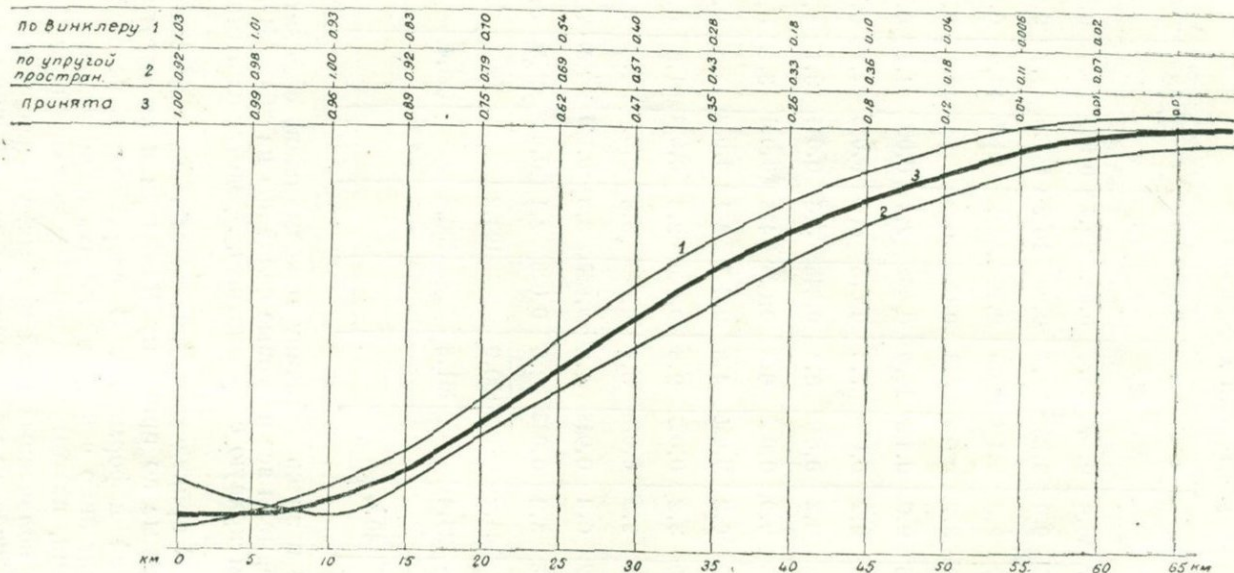


Рис. 9. Депрессионные кривые для Арагца по Винклеру (1), по упругой пространственной (2) и принятая средняя (3).

Таблица 13

Определение прогибов под массивом Арагац по теории упругой пространственной деформации при максимальной ординате, равной единице

Расстояние км	Прогиб у	Расстояние км	Прогиб у	Расстояние км	Прогиб у
0	0,92	25	0,69	55	0,11
5	0,98	30	0,57	60	0,07
10	1,00	35	0,43		
15	0,92	45	0,36		
20	0,79	50	0,18		

В таблице 14 приведены исчисленные средние значения прогибов для массива Арагац, а на рис. 10 представлены кривые прогибов для Арагаца и одновременно и для других вулканов, исчисленные в соответствии с полученными для Арагаца данными.

Таблица 14

Прогибы для массива Арагац, окончательно принятые по средней кривой.

αx	l	y	αx	l	y	αx	l	y
0	0	1,0	1,5	25	0,62	3,0	50	0,12
0,3	5	0,99	1,8	30	0,47	3,3	55	0,04
0,6	10	0,96	2,1	35	0,35	3,6	60	0,01
0,9	15	0,89	2,4	40	0,26	3,9	65	0,0
1,2	20	0,75	2,7	45	0,18	4,2	70	-0,01

Кривые прогибов для Арарата, согласно вышеизложенному, имеют те же ординаты, но при другой полуоволне, также и Аралер. Кривые для Арагаца-вершины имеют самостоятельные определения для правой и левой части. Здесь в качестве основы приняты данные для Арагаца из таблицы 14, умноженные на переходные коэффициенты, для получения прогибов, соответствующих прогибам, окончательно принятым для Арагаца.

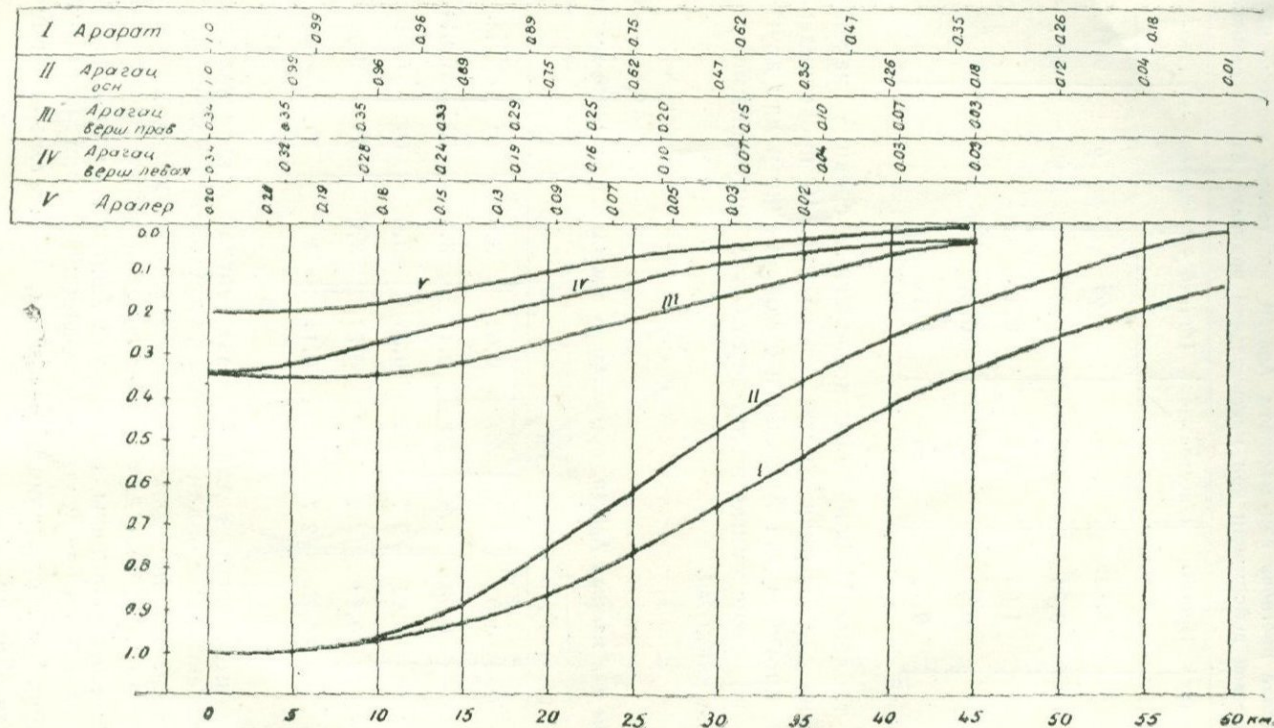


Рис. 10. Депрессионные кривые прогибов для Арарата (I), Арагаца (II), Арагаца-вершины правая сторона (III), тоже левая сторона (IV) и Аралера (V).

Таблица 15

Сводная таблица прогибов для Арагаца, Арагаца-вершины, Аралера и Арарата

αx	Арагац 7/8L=45км		Арагац-вершина 7/8L=36 км			Аралер 7/8L=30,6км		Арарат 7/8L=56 км	
	l	y	l	улев.	управ.	l	y	l	y
0,0	0	1,0	0	0,34	0,34	0	0,20	0	1,0
0,3	5	0,99	4,5	0,32	0,35	3,4	0,20	6,22	0,99
0,6	10	0,96	9,0	0,28	0,35	6,8	0,19	12,44	0,96
0,9	15	0,89	13,5	0,24	0,33	10,2	0,18	18,66	0,89
1,2	20	0,75	18,0	0,19	0,29	13,6	0,15	24,88	0,75
1,5	25	0,62	22,5	0,16	0,25	17,0	0,13	31,1	0,62
1,8	30	0,47	27,0	0,10	0,20	20,4	0,09	37,32	0,47
2,1	35	0,35	31,5	0,07	0,15	23,8	0,07	43,54	0,35
2,4	40	0,26	36,0	0,04	0,10	27,2	0,05	49,76	0,26
2,7	45	0,18	40,5	0,03	0,07	30,6	0,03	56,0	0,18
3,0	50	0,12	45,0	0,03	0,03	35,0	0,02	62,22	0,12
3,3	55	0,04	49,5			38,4	0,01	68,44	0,04
3,6	60	0,01	54,0			41,8	0,0	74,66	0,01
3,9	65	0,00						80,88	0,0
4,2	70	-0,01						87,10	-0,01

Вулканы Арагац, Арагац-вершина, Аралер и Арарат территориально расположены близко друг от друга, и многие участки под массивом Арагац получили прогибы от каждого из этих вулканов. Ниже приводим две таблицы, которые показывают взаимодействие этих вулканов.

В таблице 16 даются прогибы под массивами Арагац и Арарат по сечению, проходящему через их вершины, а в таблице 17 даются прогибы только под массивом Арагац от действия указанных выше четырех вулканов, но уже не по

одному сечению, а по восьми лучам, иначе говоря, для всей плоскости основания массива.

В дополнение к таблице 17 приведена таблица 18, в которой определены прогибы участка, расположенного между Арагацем и Араратом, т. е. для Араратской долины. Для этого в пределах долины намечена правильная сетка, совпадающая с географической; прогибы для точек их пересечений определены также, как они были определены ранее для точек под массивом Арагац. (рис. 11).

Таблица 16

Суммарный прогиб для сечения, проходящего через вершины вулканов
Арагац—Арарат, от совместного действия последних

Арарат		Арагац		Сумма		Опускание в метрах
αх	у	αх	у	αх	у	
4,2	—0,01	0,0	1,0	4,2	0,99	1584
3,6	+0,01	1,05	0,82	3,6	0,83	1328
3,0	0,12	1,44	0,65	3,0	0,77	1232
2,7	0,18	1,80	0,47	2,7	0,65	1040
2,4	0,26	2,16	0,33	2,4	0,59	944
2,1	0,35	2,55	0,21	2,1	0,56	896
2,0	0,40	2,70	0,18	2,0	0,58	928
1,8	0,47	2,94	0,13	1,8	0,60	960
1,5	0,62	3,30	0,04	1,5	0,66	1056
1,2	0,75	3,66	0,01	1,2	0,76	1216
0,9	0,89	4,05	0,00	0,9	0,89	1424
0,0	1,0	5,2	—0,03	0,0	0,97	1552

Примечание: В последней графе дается опускание в метрах, исчисленное на основании ранее определенного нами (9 стр. 59) максимального прогиба, при этом коэффициент пропорциональности следует принять равным 1600.

Таблица 17

Суммарный прогиб под массивом Арагац по радиальным лучам от действия всех четырех вулканов
для горизонтальной плоскости с отметкой 1420 м.

Ряд	Точки	Арагац		Арагац-вершина		Аралер		Арабат		Σy	Нм	Отметки	
		1	y	1	y	1	y	1	y			+	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	0	1,0	9	0,28	30,0	0,04	85	0,05	1,37	1660	—	240
	1	10	0,96	19,0	0,17	36,0	0,02	80	0,09	1,24	1500	—	80
	2	20	0,75	28,5	0,09	43,5	—	76	0,10	0,94	1130	290	—
	3	30	0,47	38,5	0,02	51,5	—	73	0,10	0,59	710	710	—
	4	40	0,26	48,5	0,06	60,5	—	71	0,11	0,37	450	970	—
2	1	10	0,96	18,5	0,18	40,0	0,01	—	—	1,15	1400	20	—
	2	20	0,75	28,0	0,09	50,0	—	—	—	0,84	1020	400	—
	3	30	0,47	38,0	0,02	60,0	—	—	—	0,49	580	480	—
	4	40	0,26	48,0	0,0	70,0	—	—	—	0,26	320	1100	—
3	1	10	0,96	14,5	0,22	39,0	0,01	—	—	1,19	1440	—	20
	2	20	0,75	24,0	0,13	48,0	—	—	—	0,88	1070	350	—
	3	30	0,47	33,5	0,04	58,0	—	—	—	0,51	620	800	—
	4	40	0,26	43,5	0,0	67,5	—	—	—	0,26	320	1100	—
	5	45	0,18	48,0	0,0	72,5	—	—	—	0,18	220	1200	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	1	10	0,96	9,5	0,27	34	0,02	—	—	1,25	1510	—	90
	2	20	0,75	17,5	0,19	40	0,01	—	—	0,95	1150	270	—
	3	30	0,47	27,0	0,09	47,5	—	—	—	0,56	680	740	—
	4	40	0,26	36,5	0,04	56,0	—	—	—	0,30	360	1060	—
	5	45	0,18	41,5	0,01	60,0	—	—	—	0,19	230	1190	—
5	1	10	0,96	2,5	0,34	26,0	0,06	—	—	1,36	1650	—	230
	2	20	0,75	11,5	0,34	26,0	0,06	—	—	1,15	1400	20	—
	3	30	0,47	21,5	0,26	29,5	0,04	—	—	0,77	920	500	—
	4	40	0,26	31,5	0,15	35,5	0,02	—	—	0,43	520	900	—
	5	45	0,18	36,5	0,10	39,0	0,01	—	—	0,29	350	1070	—
6	1	10	0,96	5,0	0,34	20,0	0,10	—	—	1,40	1700	—	280
	2	20	0,75	13,0	0,32	11,5	0,18	—	—	1,25	1510	—	90
	3	30	0,47	23,0	0,24	7,5	0,19	—	—	0,90	1090	330	—
	4	40	0,26	33,0	0,13	13,5	0,17	—	—	0,56	680	740	—
	5	45	0,18	36,5	0,10	39,0	0,01	—	—	0,29	350	1070	—
7	1	10	0,96	11,0	0,34	22,0	0,04	78	0,09	1,43	1730	—	300
	2	20	0,75	20,5	0,27	16,0	0,13	70	0,11	1,26	1520	—	100
	3	30	0,47	26,0	0,21	16,0	0,13	63,5	0,12	0,93	1130	290	—
	4	40	0,26	39,0	0,08	21,0	0,09	57,0	0,17	0,60	720	700	—
	5	45	0,18	36,5	0,10	39,0	0,01	—	—	0,29	350	1070	—
8	1	10	0,96	16,0	0,31	26,5	0,06	76	0,09	1,42	1720	—	300
	2	20	0,75	25,5	0,19	32,0	0,03	66	0,12	1,09	1320	100	—
	3	30	0,47	35,0	0,11	37,0	0,02	56,5	0,18	0,78	940	480	—
	4	40	0,26	45,0	0,04	44,0	0,0	47,0	0,30	0,60	720	700	—
	5	45	0,18	41,5	0,01	60,0	—	—	—	0,19	230	1190	—

Определение прогибов в пределах Араратской долины от действия трех вулканов

Ряд	Точка	Арагац		Арагац- вершина		Арарат		Σу	Нм	От- метка
		l	y	l	y	l	y			
1	1	45	0,18	53,5	0,00	69,0	0,10	0,28	340	1080
	2	39,5	0,27	48,0	0,01	63,5	0,12	0,40	480	940
	3	35,5	0,34	43,0	0,01	59,0	0,14	0,49	600	820
	4	33,5	0,39	40,0	0,01	55,0	0,20	0,60	720	700
	5	33,0	0,40	38,0	0,07	53,0	0,21	0,68	820	600
	6	35,0	0,35	37,5	0,09	51,5	0,24	0,68	820	600
	7	38,5	0,29	39,5	0,07	51,5	0,24	0,60	720	700
	8	43,5	0,20	43,0	0,05	52,5	0,23	0,48	580	840
2	9	49,0	0,12	47,5	0,03	55,0	0,20	0,35	420	1000
	1	52,5	0,07	60,5	0,00	62,0	0,13	0,21	250	1170
	2	48,0	0,12	55,0	0,00	56,0	0,19	0,32	390	1030
	3	45,0	0,18	51,5	0,01	51,0	0,25	0,45	540	880
	4	43,0	0,21	49,0	0,02	46,5	0,30	0,53	640	780
	5	42,5	0,22	47,0	0,03	43,5	0,35	0,60	720	700
	6	44,0	0,19	47,0	0,03	42,0	0,38	0,60	720	700
	7	47,0	0,15	48,5	0,02	42,0	0,37	0,54	650	770
	8	51,0	0,11	51,5	0,02	43,5	0,34	0,47	570	850
3	9	56,0	0,04	55,0	0,01	46,5	0,30	0,35	420	1000
	1	60,0	0,02	68,0	0,00	56,5	0,17	0,19	230	1190
	2	56,0	0,04	63,5	0,00	50,0	0,26	0,30	360	1060
	3	53,0	0,06	60,0	0,00	44,0	0,34	0,40	480	940
	4	52,0	0,08	57,5	0,01	39,0	0,44	0,53	640	780
	5	51,5	0,10	56	0,01	35,0	0,52	0,63	760	660
	6	53,0	0,07	56,5	0,01	33,0	0,58	0,66	800	620
	7	55,5	0,04	57,5	0,01	33,0	0,58	0,63	760	660
	8	58,0	0,02	60,0	0,01	35,0	0,52	0,55	670	750
	9	63,0	0,01	63,0	0,01	39,0	0,42	0,44	530	890

Примечание: Во всех трех рядах прогибы первых трех точек исчислены по Арагац-вершина-левая, остальные по Арагац-вершина-правая.

Результаты таблиц 17 и 18 представлены на рис. 11, показывающем как плоскость с отметкой 1420 м, прогибаясь, деформируется и приобретает другие отметки.

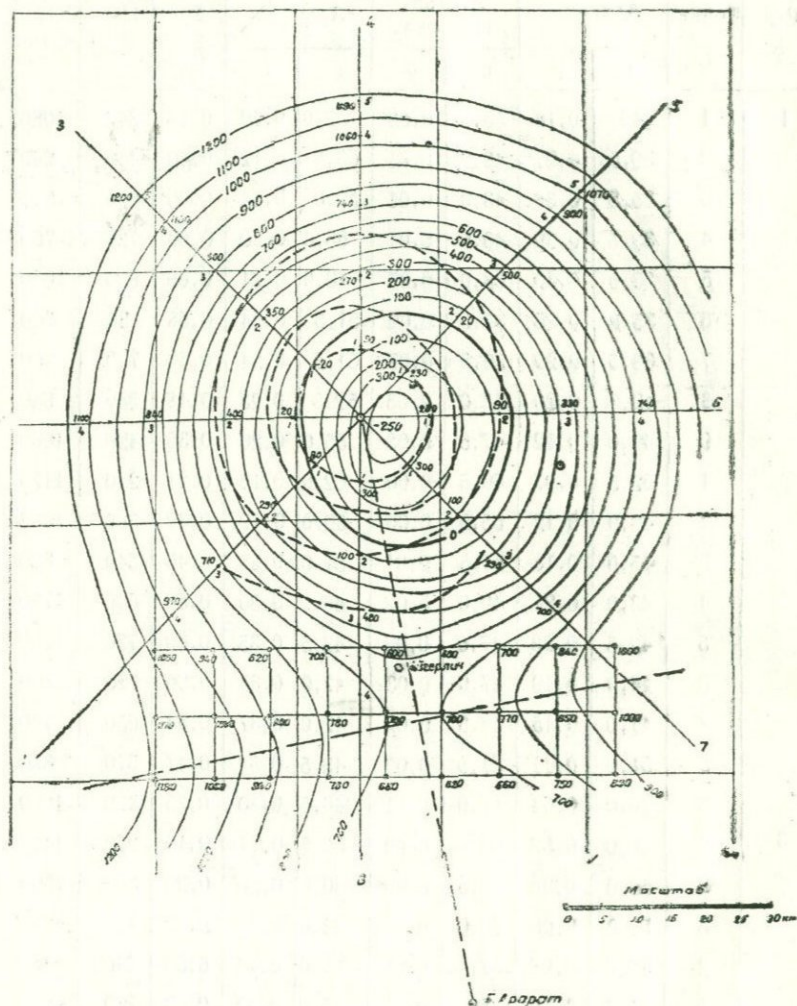


Рис. 11. Воронка вулканической депрессии для горизонтальной плоскости с отметкой 1420 м. без учета сбросов.

От вулканической депрессии земной коры образуются сбросы. Как известно, сбросы могут появиться от различных причин и могут иметь порой значительную амплитуду. В рассматриваемом случае имеем сбросы в связи с тем, что земная кора при прогибе не может сохранить свою целост-

ность. Имея данные о прогибе и, зная, где именно проявляются при этом наибольшие скалывающие силы, нетрудно определить и величину самого сброса, тем более, что ключом к определению мест сбросов являются биссулканы (9 стр. 31 и 137), дающие правильную картину сбросов.

Эти сбросы должны быть отражены на воронке депрес-

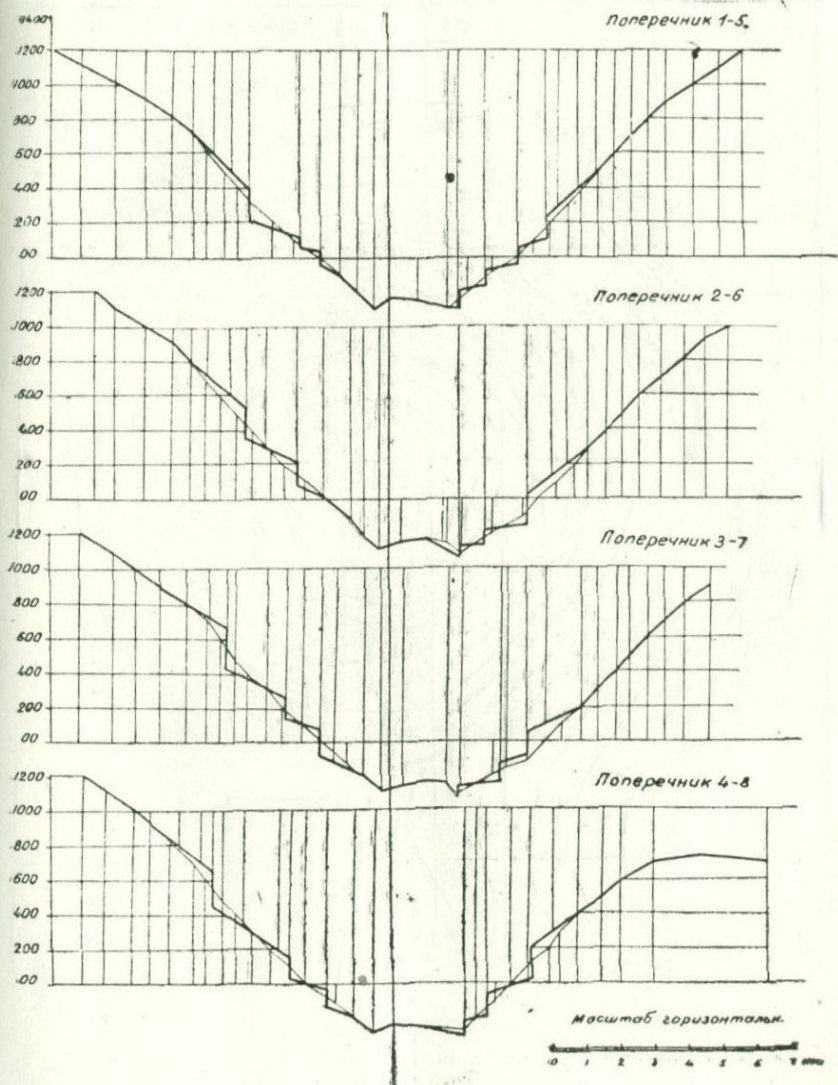


Рис. 12. Поперечники депрессионной воронки по радиальным лучам с показанием сбросов.

сии. С этой целью по восьми радиальным лучам на рис. 12 даны поперечники для воронки депрессии, представленной на рис. 11. На тех же поперечниках в установленных местах (9) показаны сбросы с соблюдением указаний данных ранее (9 стр. 31) по этому случаю.

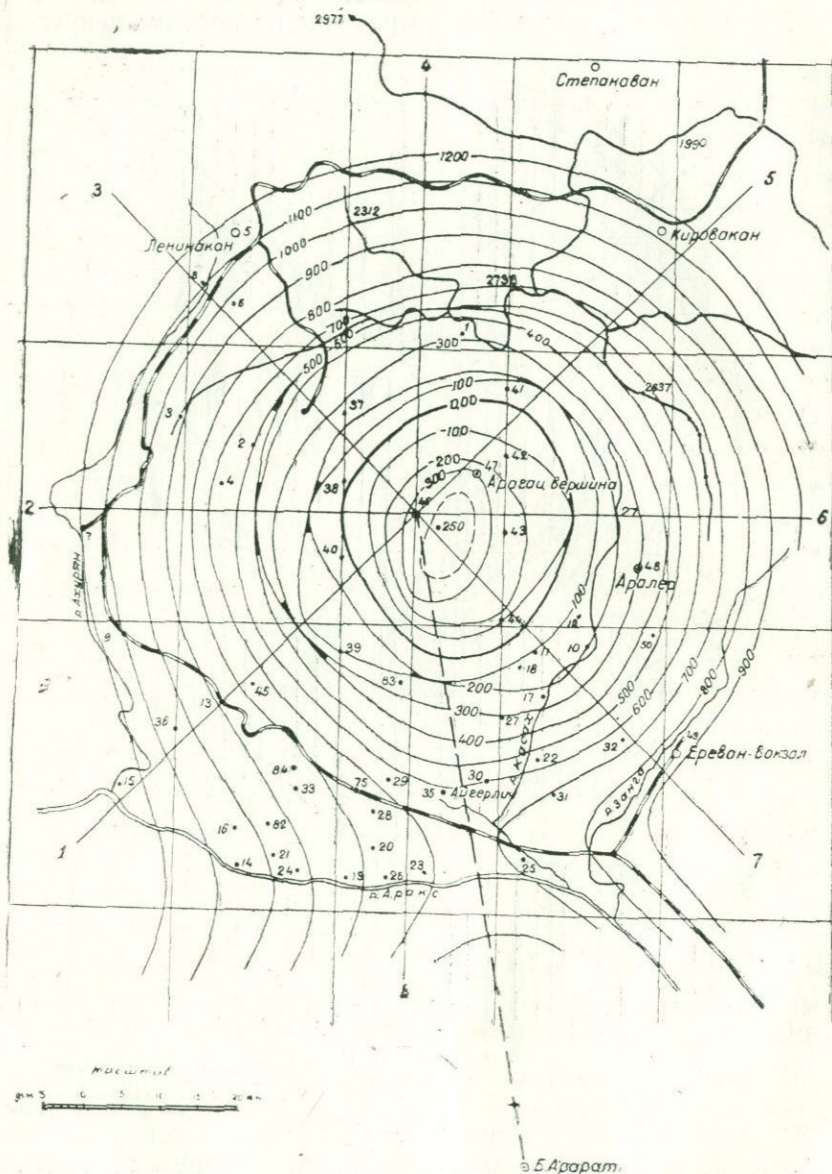


Рис. 13. Воронка вулканической депрессии с учетом сбросов.

На рис. 13 показана та же депрессионная воронка, но уже с учетом сбросов.

Воронка вулканической депрессии, представленная на рис. 13, имеет большое значение. Этот рисунок дает нам возможность восстановить высотные отметки довулканического рельефа, ныне измененного депрессией. Можно решать на нем и обратную задачу, то есть, имея данные о прежнем рельефе, определять рельеф, подвергшийся депрессии.

ГЛАВА III

СООБРАЖЕНИЯ О ДЕФОРМИРОВАННОМ ДОВУЛКАНИЧЕСКОМ РЕЛЬЕФЕ ПОД МАССИВОМ АРАГАЦ

В современных условиях массив Арагац граничит на севере с Памбакским хребтом, имеющим широтное направление. Далее на север параллельно располагается Базумский хребет, переходящий в Кечутский, имеющий уже меридиальное направление. На востоке массива Арагац располагается Цахкунянский хребет, представляющий по существу продолжение Памбакского хребта на юг.

Все эти хребты значительно древнее Арагаца. Они схематически показаны на рис. 14. Как видим, часть Памбакского и Цахкунянского хребтов располагается в пределах вулканической депрессии Арагаца. Учет этого обстоятельства наводит на мысль, что эти горные хребты раньше имели более высокие отметки и в современных условиях снизились, задетые краем депрессионной воронки.

В таблице 19 путем использования данных рис. 13 восстановлены прежние отметки этих хребтов.

Проведя разрезы по меридианам $44^{\circ}00'$ и $44^{\circ}15'$ от Аракса до Базумского хребта и далее заворачивая разрез на 45° в сторону р. Кура, подмечаем характер этих разрезов.

На реке Аракс для древнего рельефа на меридиане $44^{\circ}15'$ нами выявлена отметка в 1420 м (11 рис. 68). Восстановленная отметка Памбакского хребта на меридиане $44^{\circ}00'$ равна 2712 м, а на меридиане $44^{\circ}15'$ —3460 м. На тех же меридианах отметки Базумского хребта соответственно равны 2977 и 2930 м.

Выше мы привели ряд соображений о наличии под лавами Арагаца, так называемой, Араратской гряды со сравнительно невысокими отметками.

На рис. 15 приведены разрезы по меридианам $44^{\circ}00'$ и $44^{\circ}15'$. Они охватывают высоты Базумского и Памбакского

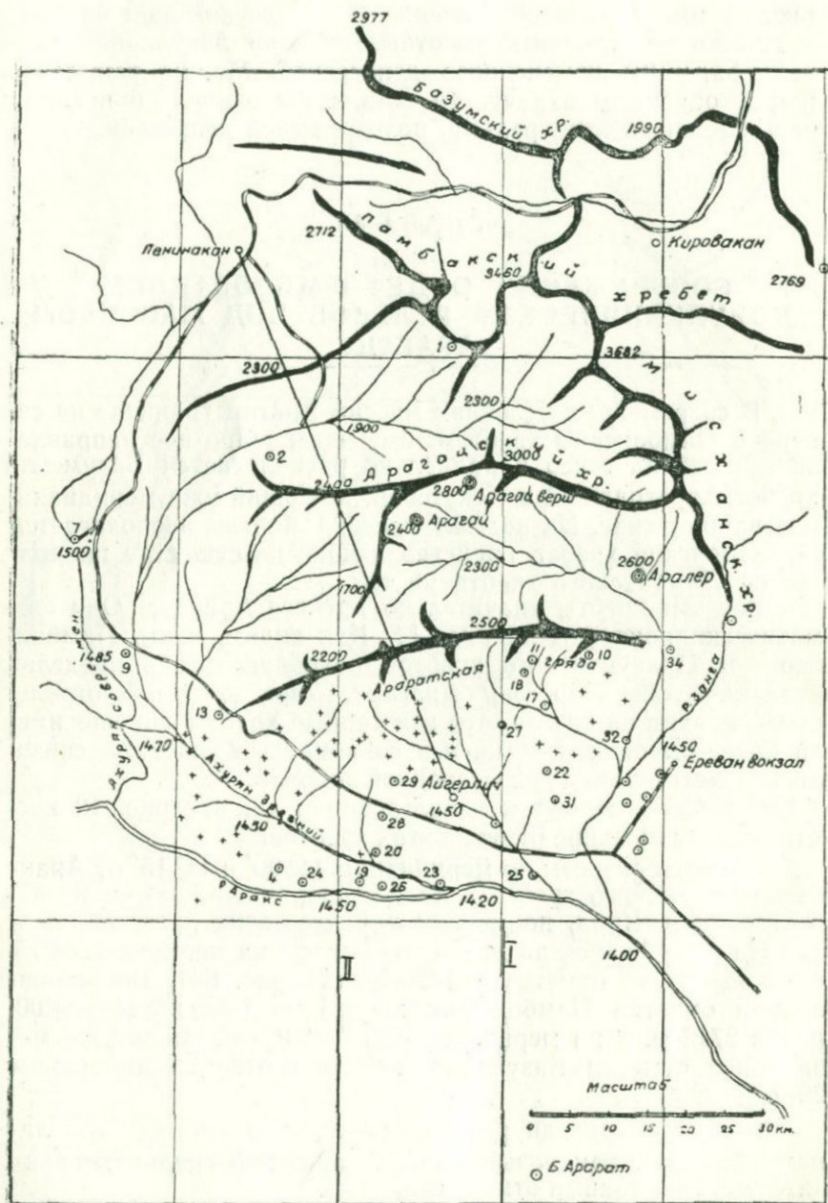


Рис. 14. Предполагаемый довулканический рельеф под массивом Арагац

Восстановление отметок древнего рельефа по хребтам, окружающим массив Арагац

№ п. п.	Наименование	Меридианы	Современная отметка	Размер депрессии	Восстановленная отметка
1	Базумский	44°0'	2977	0	2977
2	«	44°15'	2830	100	2930
3	«	44°30'	1990	0	1990
4	«	44°45'	2769	0	2769
5	Памбакский	44°0'	2312	400	2712
6	«	44°15'	2738	720	3460
7	«	44°30'	2804	520	3324
8	«	44°45'	2851	120	2971
9	Цахкунянский	44°30'	2762	920	3682
10	«	«	2637	870	3507
11	«	«	2587	770	3357
12	«	«	2694	680	3436
13	«	«	2850	770	3628

хребтов и Араратской гряды. Кроме этих хребтов, мы включили еще один пенеплен, именуемый нами Арагацким хребтом, в связи с тем, что этот хребет приходится близ вершины Арагаца.

Рассматривая рис. 15, нельзя не признать, что Арагацкий хребет действительно должен существовать, т. к. в противном случае мы имели бы значительный, неестественный прогал между Памбакским хребтом и Араратской грядой.

Нам представляется, что положение Арагацкого хребта на разрезах дано правильно (рис. 15). На разрезах, начиная от Памбакского хребта в сторону долины, имеем постепенное падение отметок хребтов. Подошвы этих хребтов, соответствующие межгорным долинам, имеют отметки также постепенно понижающиеся в сторону Аракса.

Наивысшая точка по меридиональному разрезу 44°15' (рис. 15) приходится на Памбакском хребте, а не на Базумском. На это обстоятельство нужно обратить внимание. Ведь если от Памбакского хребта на юг в сторону долины Аракса

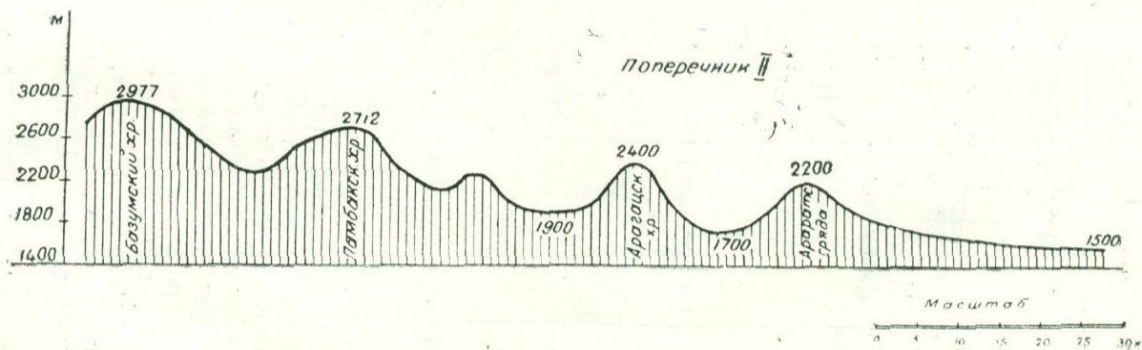
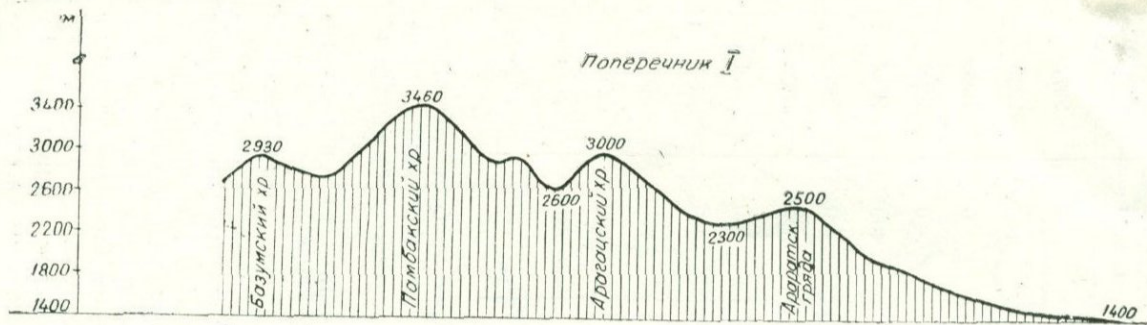


Рис. 15. Поперечные разрезы по меридианам I и II.

имеются пенеплены, то естественно иметь их и в сторону Куры. Таким образом, Базумский хребет является здесь уступом в сторону Куры.

Если рассмотреть с этой же точки зрения меридиональные разрезы $44^{\circ} 30'$ и $44^{\circ} 45'$, то и в этом случае Памбакский хребет раньше имел более высокие отметки, чем Базумский (табл. 19). Лишь по меридиану $44^{\circ} 00'$ этого нет, так как здесь расположен концевой участок Памбакского хребта с низкими отметками.

Представляется, что принятый нами вариант высотного и планового расположения Арагацкого хребта и Араратской гряды являются приемлемыми, их можно скорее снизить, чем поднять выше. Это обстоятельство имеет то значение, что деформированный рельеф, представленный на рис. 16, скорее может иметь более низкие отметки, чем высокие.

На рис. 14 представлено плановое расположение горных хребтов с отметками, восстановленными для Памбакского и Базумского хребтов, и с отметками, перенесенными с рис. 13 для Арагацкого хребта и Араратской гряды. Отметим, что по той же карте рис. 14 необходимый уклон древнего Ахурына обеспечен от Ленинакана до Аракса.

Мысль о наличии Арагацкого хребта, погребенного под лавами, не нова: А. Т. Асланян также указывает на вероятность его существования (3 стр. 130), К. Н. Паффенгольц считает, что под Арагацем имеем короткую антиклиналь, частью которой является гора Аралер.

Повторяя уже ранее высказанные мысли, мы в своем изложении даем более конкретные формы этому хребту: учитывая все геологические и гидрогеологические обстоятельства, намечаем его плановое расположение, увязанное с Цахкунянским хребтом, а также его высотное положение, увязанное с соседними хребтами, долинами, речной сетью и пр.

Отметим, что при принятом на рис. 14 довулканическом рельефе, первые порции долеритовых лав должны были покрыть Егвардское плато, что и соответствует действительности, т. к. долеритовые лавы Егвардского плато считаются самыми древними в верхнеплиоценовом комплексе отложений (3).

Далее, известная Мугнинская антиклиналь по рис. 14 является частью Араратской гряды.

Долавоый рельеф, ныне деформированный вулканической депрессией, является по существу водупором для подземных вод, поэтому так важно установить палеорельеф под массивом Арагац.

Северное и восточное окаймление массива Арагац до горы Аралер представляет видимую часть древнего рельефа.

жин, которые не достигли осадочного основания. Фактическая отметка последнего более низкая.

Отметки, выставленные на рис. 14, увязанные с отметками Цахкунянского хребта и обеспечивающие работу речной системы, дают картину довулканического рельефа, характерную для высокогорных плато.

Действительно, хребет Араратской гряды возвышался над долинами всего лишь на 200—500 м, Арагацкий хребет также не сильно возвышался над долинами, а именно, на 500—700 м. В общем, здесь было высокогорное плато со средней отметкой в 2500 м при средней отметке южной границы на линии Аракса в 1500 м.

Р. Касах, представленная на рис. 14, весьма слабо наминает современную. По существу она была притоком р. Занги. Направление этого притока Занги определяется вскрытыми в скважинах рис. 16 валунногалечными отложениями древнего рельефа, а также данными табл. 20.

По этим данным можно наметить на карте русло древней Занги: оно пересекает в меридиональном направлении с. Спандарян (табл. 20, точка 32). Русло древнего Касаха по этим же данным проходит через валунногалечные отложения по линии Парби, Агарак, Ошакан (скважины 11, 18, 17), указывающие на наличие речки из-под Араратской гряды.

Наши прежние работы дополняют эту картину, устанавливая для линии Занги на участке примерно на высоте Еревана и ниже, более западное расположение.

На рис. 14 показан довулканический рельеф линиями хребтов. Этот рисунок дает схему склонов и речных систем. В современных условиях за пределами действия вулканической депрессии имеем падение отметок древнего рельефа с северо-востока на юго-запад, в соответствии с этим и на рис. 14 представлен рельеф с общим падением с северо-востока на юго-запад с хребтами, снижающимися в том же направлении.

Древняя река Ахурян в некоторой своей части намечена по направлениям Селава-Мастары. Уклоны ее обеспечены нужными отметками.

Плановое и высотное положения р. Аракс указаны довулканические; основные отметки их приняты в соответствии с ранее определенными данными (11).

Современные отметки деформированной кровли эрозионной поверхности осадочной толщины под лавами массива Арагац

Точки	Скважины	Село	Отметка устья скважины	Глубина кровли	Абсолютная отметка кровли	Отметки забоев, не достигших осадочного основания
1	2	3	4	5	6	7
1	331	Ахула	2074	260	1814	—
2	—	Дзоракап	1760	—	—	1525
3	104	Барцрашен	1680	—	—	1500
4	15	Дзитацков	1719	—	—	1262
5	—	Ленинакан	1555	310	1245	
6	—	Азатан	1489	—	—	1215
7	3	Анипемза	1416	115	1301	
8	1	Ахурик	1474	330	1144	
9	4р	Арагац ж.-д.	1242	185	1057	
10	49	Мугни	1266	171	1095	
11	52	Парби	1140	215в/г	925	
12	54'	Уши	1401	—	—	915
13	—	Кармрашен	1090	—	—	840
14	5	Каракала	908	76	832	
15	—	Бахчалар	950	—	—	800
16	4	Октемберян	963	185	778	
17	61	Ошакан (Херес)	1045	262в/г	783	
18	53	Агарак	1109	375в/г	734	
19	21	Джанфида	863	248	615	
20	18	Армавир	858	—	—	613
21	—	Октемберян	910	300	610	
22	85	Эчмиадзин	892	283	609	

1	2	3	4	5	6	7
23	35	Аразап	846	246в/г	600	
24	8	Геташен	883	331	552	
25	68	с. Аракс (Н. Кархун)	832	303в/г	549	
26	25	Пшатаван	857	320в/г	53	
27	51в	Агазнатун	920	383	537	
28	16	Мргашат	852	326в/г	526	
29	29	Совх. № 2	878	385	493	
30	6	Аршалуйс	865	373	492	
31	86	Звартноц (4 совх.)	852	381в/г	471	
32	59	Спандарян	1064	223в/г	841	
33		Айгегори	890	—	—	819
34	—	Егвард	1317	228	1089	—
88		Уджан	1090			832

В таблице 21 даются отметки деформированного рельефа по принятому варианту долавого рельефа под массивом Арагац, а в конце таблицы выполняется обратная задача, именно, определяются долавые отметки по имеющимся отметкам деформированной эрозионной поверхности палеорельефа. Нумерация, принятая в таблице 21, общая с предыдущей таблицей 20 и рис. 13.

В таблице 21 дана отдельная графа—«Опускание от кизиллов», что означает дополнительное оседание рельефа от позднечетвертичных трещинных излияний кизиллов. Депрессии по таблице 21 получены вычитанием из первоначальных 1420 м отметок рис. 13; так как в эту величину не входила депрессия от трещинных излияний, то есть надо учитывать дополнительно.

В Арагатской долине, близ участков развития кизиллов, имеются скважины, доведенные до кровли третичных пород. Имея отметку последней и зная на основании рис. 13, какова величина депрессии от главных вулканов, легко можно определить размер дополнительной депрессии от кизиллов. Таким образом, для точек 7, 9, 31, 50 и др. (табл. 2) полу-

Определение отметок деформированной кровли эрозионной поверхности третичных пород по намеченному довулканическому рельефу

Точки	Наименование точек	Отметка по до-рельефа	Опускание			Отметка деформиро-ванного рельефа
			от де-прессии	от ки-зилов	сум-ма	
1	2	3	4	5	6	7
7	Анипемза	1500	220	72	292	1208
9	Арагац ж.-д.	1485	320	40	360	1125
82	Пересечение 7/8 L	1450	470	180	650	800
35	Айгерлич	1450	800	300	1100	350
36	Аракатская гряда на меридиане 43°45'	1470	380	90	470	1000
37	Северная долина Ара-ратской гряды 44°00'	1900	1170	—	1170	730
38	Арагацкий хребет 44°00'	2400	1410	—	1410	990
39	Аракатская гряда 44°00'	2200	1220	150	1370	830
40	Сев. долина Аракатской гряды 44°00'	1900	1400	—	1400	300
41	Северная долина Ара-гацкого хр. 44°15'	2600	1370	—	1370	1230
42	Арагац. 44°15',	3000	1550	—	1550	1450
43	Северная долина Ара-ратской гряды	2300	1670	—	1670	630
44	Аракатская гряда	2500	1520	50	1570	930
45	Арагац	2400	1700	—	1700	700
46	Арагац-вершина	2800	1720	—	1720	1080
47	Аралер	2600	1120	—	1120	1480
48	Аракат. гряда 43° 52'					
49	Ереван-вокзал	1450	550	—	550	897
50	Аракатская гряда 44°30'	1550	660	150	810	740
38	Мргашат	1500	670	300	970	526

1	2	3	4	5	6	7
31	(4-й совх.) Звартноц	1450	700	280	980	471
77	Куши р. Касах					
78	с. Касах					
79	Сагмосаван р. Касах					
80	Карби р. Касах					
81	Апнагех р. Касах					
83	Аракс ж.-д.					
84	Адик совх.					
86	Талыш					
87	Шамиран					
89	Кош					
90	Аштарак					

чены размеры депрессии от кизилов. Они в достаточной степени закономерны, что было показано в прежней нашей работе (11) на рисунке 109.

На рис. 17 показан современный осадочный рельеф под массивом Арагац, по данным таблиц 20 и 21 и географических карт участков древних пород, окаймляющих массив Арагаца.

Конечно, рельеф, представленный на рис. 17, является лишь одним из вариантов. Можно считать, что расположение в плане Араратской гряды достаточно обосновано в прежней нашей работе (9), Арагацкий же хребет в реальных условиях может быть параллельно несколько смещен к северу или к югу. Таким образом, вполне возможны некоторые вариации представленного рельефа. Однако это обстоятельство принципиально не меняет картины, — общий характер погребенного рельефа остается неизменным. В высотном отношении возможны также вариации в узких пределах. Полагая, что точность высотной карты на рис. 17 можно принять ± 100 м. Нам представляется, что полученный рельеф имеет удовлетворительную исходную базу и хорошо увязывается как с обнаженным обрамлением, так и погребенным на юге рельефом, изученным многочисленными скважинами.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что го-

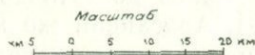


Рис. 17. Принципиальная схема деформированного довулканического рельефа под массивом Арагац.

горизонтали кровли третичных пород, представленные на рис. 17, в северной и северо-восточной части являются извилистыми, горизонтали приереванского района, изученные многочисленными скважинами, также дают негладкую поверхность. Очевидно, что горизонтали под массивом Арагац также должны быть извилистыми, между тем как они нами

очерчены здесь стройными гладкими линиями; тем не менее легко согласиться, что общая картина от этого не страдает и что рельеф охарактеризован достаточно подробно.

Еще раньше (11) нами были даны соображения о блуждании р. Аракс в пределах своей долины; там же было указано, что современное положение р. Аракс является ее средним положением, и река в прошлом часто возвращалась к этому среднему положению.

На рис. 17 положение р. Аракс принято современное, так как на этом рисунке показан и современный рельеф под Арагацем.

Рассматривая карту деформированного палеорельефа под Арагацем, отмечаем, что по контуру массива имеем слабую депрессию, посередине—максимальную. В меридиональном направлении имеем чередование долинных участков с хребтами.

Имеет глубокое значение то обстоятельство, что Араратская долина сопрягается с массивом Арагац, образуя против истоков Севджура и Айгерлича заметную впадину, стягивающую сюда подземные воды. Как это отчетливо видно на рис. 13, депрессионная поверхность на левом берегу Аракса в пределах верхнего участка реки имеет горизонталь, загнутые на запад, а в пределах нижнего участка—на восток. Это обстоятельство получило свое отражение на рис. 17. Чередование хребтов и долин создает под массивом Арагац две крупные бессточные впадины глубиной 300—400 метров. В центральной части массива современные высоты погребенного долавого рельефа определяются отметками от 400 до 1000 м.

А. Т. Асланян в своей работе (3) указывает, что геофизическая съемка определила глубину осадочного основания под с. Шамирам в 300 м (3 стр. 134). По рис. 17 современная отметка древнего рельефа равна 790 м (точка 87), отметка поверхности земли в этой точке равна 1144 м, поэтому глубина долавого рельефа по нашим данным равна $1144 - 790 = 354$ м.

ГЛАВА IV

ГИДРОГЕОЛОГИЯ ГЛУБИННЫХ ЗОН МАССИВА АРАГАЦ

Подземный сток с Арагацкого массива в сторону долины определяется в размере 727 млн м³ в год (11 табл. 131).

Где скапливается эта вода, на каких участках она выходит на дневную поверхность, какова закономерность в

расположении гидроизогипс, линий токов и пр.—таков весьма сложный круг вопросов, подлежащих освещению в дальнейшем.

Инфильтрующиеся атмосферные осадки просачиваются в лавы, чему способствует трещиноватость лав, и скапливаются на водоупорах, каковыми являются обычно туфы, пемзы и в некоторых случаях и сами лавы.

Сама водоупорная поверхность обычно не имеет значительной протяженности, так как в пределах массива Арагац имеются сбросы и трещины, через которые задержавшаяся на водоупоре вода опускается в нижние горизонты.

При этом, если условия расположения верхних водоупоров благоприятствуют, воды выходят на дневную поверхность отдельными родниками еще на склоне горы. Обычно же вода по контактам продвигается до сброса и здесь проваливается вниз до самого нижнего водоупора, представленного третичными породами.

На рис. 17 была дана наиболее вероятная поверхность ныне деформированного палеорельефа. Рассматривая его, надлежит особо остановиться на северном участке массива Арагац.

Район г. Ленинакана представляет самостоятельную гидрогеологическую провинцию, он отрезан от остальной территории массива Арагац. На рис. 18 представлена карта района с указанием уровней грунтовых вод; они свидетельствуют, что грунтовые воды имеют направление не на юг, под массив Арагаца, а на запад—в сторону реки Ахурян.

Продвигаясь от реки Ахурян на восток против движения грунтовых вод, замечаем оригинальное явление: гидроизогипсы повышаются до отметки 1600 м, а далее как бы пропадают вовсе. Так, если в Барцрашене уровень воды определяется отметкой 1570 м и в Саракане—1582 м, то при продвижении далее на восток и на юг встречаем в Баграване резкое падение уровня воды, именно—1348 м, а в Дзитанкове даже на отметке 1262 м еще нет воды. Такова же картина и в северной части того же участка, именно: в Ороме уровень воды имеет отметку 1561 м, а несколько южнее, в Дзоракане, в забое скважины на отметке 1525 м, все еще нет воды.

Таким образом, гидроизогипсы на высоте 1600 м обрываются.

Разгадку этого обстоятельства можно найти на геологической карте этого участка.

На меридиане 44°00' и далее на восток от г. Ленинакана развиты эоценовые и верхнемиоценовые породы. Последние появляются и в районе Барцрашена (см. карту А. Т. Асланяна). Между указанными пунктами эти породы перекрыты чет-

вертичными андезито-базальтами. В указанном направлении имеется гряда, отходящая от Памбакского хребта. Она проходит через точку, имеющую координаты: долгота— $44^{\circ}00'$ и широта— $40^{\circ}40'$. Этот хребет ныне в средней своей части затоплен лавами Малого Голгата.

Разрез Ленинанканской скважины, заложенной на территории текстильного комбината, показывает, что озерные отложения лежат непосредственно на указанных выше миоценовых отложениях. То же имеет место и в Азатапе. В направлении на восток, в скважинах Айгебаца (Ильхиаби) и Орома при исключительно лавовом разрезе их имеем уровень воды соответственно 1477 м и 1561 м.

Гидроизогипса 1500 м оконтуривает озерные отложения. Грунтовые воды, встречая здесь водоупор в озерных отложениях, направляются поверх их в аллювиальных отложениях на запад в р. Ахурян. Но что удерживает воду в этих скважинах с лавовым разрезом? Почему грунтовые воды на этом лавовом участке поддерживают общий поток с таковым в аллювиальных отложениях? Как было сказано выше, несколько далее на восток воды в лавах также проваливаются глубоко вниз. На рис. 14 показан план отрога Памбакского хребта в сторону Барцрашена. Именно этот отрог и создает условия, определяющие движение грунтовых вод на Ленинанканском участке.

Лавы вулкана М. Голгат, расположенного на южном склоне отрога, излившись за гребень, покрыли склоны последнего. Позже эти лавы покрылись озерными отложениями, в связи с чем лавы оказались зажатыми между отрогом и озерными отложениями, что и заставило их грунтовыми водам вклучиться в общий поток в сторону р. Ахурян.

Гребень этого отрога на линии разреза Айгерлич—Ленинанкан имеет в настоящее время отметку около 1600 м (по воде в Ороме 1561 м). Поэтому восстановленная отметка этого отрога будет (по рис. 13) $1600 + (1420 - 720) = 2300$ м, которая и показана на карте (рис. 14). При учете местной депрессии от М. Голгата первоначальная отметка должна быть принята несколько больше 2300 м.

На рис. 18 ясно видно, как этот отрог отделяет весь Ленинанканский участок от остальной части массива Арагац.

Определим размер внутреннего стока, направляющегося в сторону р. Ахурян. Площадь стока для этого участка равна 260 кв. км. На рис. 29 (11) показаны изолинии стока.

Площадь в 260 кв. км приходится в основном на Ленинанканский склон и лишь частично на Талинский. Считая условно рассматриваемый участок в целом одинаковым с Ленинанканским, имеем по данным таблицы 65 (11).

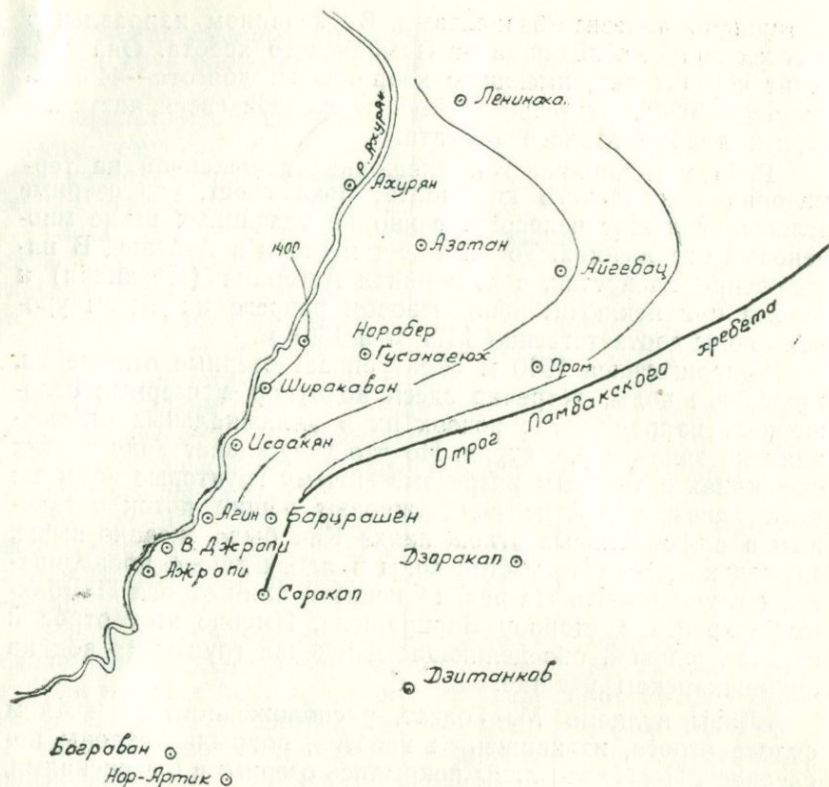


Рис. 18. Отрог Памбакского хребта, выделяющий Ленинанканский район в самостоятельную гидрогеологическую провинцию.

Площадь—121,5 кв. км—сток 27,34 млн м³
 165,0 » — » 28,87 »

Итого 286,5 кв. км 56,21 млн м³

Поэтому площади в 260 кв. км будет соответствовать сток

$$56,21 \frac{260}{286,5} = 51 \text{ млн м}^3.$$

Этой цифрой выражается общий сток—и поверхностный и внутренний. Для Ленинанканского склона, согласно таблице 65 (11), общий сток равен 244 млн м³, а внутренний, согласно таблице 130 (11), равен

$$66,5 + 118,3 = 184,8 \text{ млн м}^3;$$

иначе говоря, последний составляет

$$\frac{184,8}{244} \cdot 100 = 75 \% \text{ от общего стока.}$$

Поэтому внутренний сток с площади в 260 кв км равен $51 \cdot 0,75 = 38$ млн м³.

Против этой цифры иным подходом мы имели раньше цифру в 33 млн м³ (11 стр. 389).

Изучая разрезы многочисленных скважин, заложенных на массиве Арагац, а также разрезы каньонов рек в пределах массива, можно придти к заключению, что основными водоупорами в самом лавовом массиве Арагац являются туфы, туфолавы и туфобрекчии, в редких случаях водоупорами могут быть глинистые отложения, а еще реже андезитовые и дацитовые лавы. Последние хотя и имеют слабую степень трещиноватости, все же она достаточна для движения инфильтровавшихся атмосферных осадков, и лишь частично скольматированные лавы могут явиться до некоторой степени водоупорными.

Туфовые породы на массиве Арагац не покрывают сплошь значительных участков склона. На крутых склонах обычно туфы смыты, а тонкие слои туфов на отдельных участках от продолжительной эрозии нередко исчезают.

На Арагаце имеем в основном два слоя туфа, хотя нередко на отдельных сравнительно небольших участках можно встретить и значительно большее число слоев туфовых пород.

Последний по возрасту слой туфов покрывает, хотя и не сплошь, почти всю территорию массива, за исключением разве только привершинной части, а также круч и глубоких оврагов.

Так, по реке Касах туфы можно встретить от Зовуни до Ошакана, где они представляют почти непрерывный покров. Туфы покрывают значительные площади и других склонов массива Арагац. Верхние туфы обычно ничем не перекрыты, но все же имеются отдельные участки туфов, перекрытые лавами. Так, на междуречьи Касах—Шахверт туфы перекрыты андезито-базальтами, также и в районе села Аппагех.

Имеются еще и более древние туфы, перекрытые многими слоями лав. Так, от Аствацнгала вниз по реке Касах можно проследить, как под туфами, по мере заглубления каньона реки, появляются все новые ярусы лав. Имея падение на юг, эти лавы образуют параллельные напластования. Наибольшее количество их приходится против Аралера, где число пластов достигает десяти, а далее до Сагмосавана уменьшается до шести. Здесь же из-под четырех ярусов лав появляется новый ярус желто-бурых туфов, лежащих на слое лемзы.

На контакте этой водоупорной породы и перекрывающих ее лав с правого борта каньона выходит значительный родник. Отметим, что на более высоких отметках этого участка имеем выходы и Сагмосаванских родников без видимого водоупора. Надо полагать, что туфовый водоупор является основным водоупором в пределах всего бассейна этих родников. Еще дальше вниз по реке Касах указанные нижние туфы находятся значительно выше уреза воды; из-под них выходит еще один ярус лав. Против сел. Мугни на этой лаве располагаются бело-розовые пемзовые туфы. От Аппагеха и Карби в сторону с. Мугни пласты лав и туфа, имевшие ранее падение на юг, начинают заметно круто подниматься, отражая наличие Мугнинской антиклинали (Араратской гряды). Пемзовые туфы против с. Мугни являются водоупором для Мугнинских родников, сбрасывающих свои воды со значительной высоты вниз по борту каньона. На рис. 17 весьма отчетливо выявляются бассейн и условия выхода этих родников.

Изучение условий выхода Сагмосаванских и Мугнинских родников определенно показывает, что туфовые породы вместе с пемзами в условиях Арагаца часто являются водоупором и причиной появления родников на склонах горы. На восточном склоне горы эти туфовые породы, перекрытые лавами, занимают большую площадь; их можно встретить и под Ампертским замком в основании ущелья р. Ампет.

То обстоятельство, что на склоне горы в общем нет заметно крупных родников, какие мы встречаем у подножья горы, говорит за то, что туфовый водоупор не имеет сплошного распространения на значительных площадях, он прерывается на сбросах, кручах, оврагах.

В нашу задачу не входит каптаж всяческих склоновых вод, нас интересует каптаж глубинных вод под массивом Арагац.

В таблице 22 собраны нами все отметки уровней воды в скважинах в районе горы Арагац.

В таблицу 22 мы включили и родники Назырван—Базмахпюр.

Так как эти родники получают воду не от какого-либо подземного водного потока в местном свражке, а от общего водного бассейна, как бы от подземного озера.

На рис. 11 показаны сбросы массива Арагац, в полном соответствии с теми сбросами, которые были показаны в I томе нашей работы на рис. 59 (9).

Родники Назырван—Базмахпюр расположены в узле, образуемом сбросами. Находясь над подземным озером, имеющем в этом месте пьезометрическую отметку, доходящую до поверхности земли, родники обеспечены хорошим подво-

Уровень воды в изыскательских скважинах массива Арагац

Точки	Наименование места	Отметки устья	Отметки воды	Глубина скважины	Наличие	
					базальтов	сзерных глин
1	2	3	4	5	6	7
51	Ором	1570,05	1561,05	61	есть	нет
52	Каравансарай на 1 км к северу	2090	2019	160,3	«	«
53	Ерасгаворс	1452,2	фонт.	73	«	«
54	Воскеаск	1484,6	1484,5	110	«	«
55	Агин	1442		61	есть	нет
57	Гусанагюх (Капули)	1473,2	1468,7	130	нет	есть
58	Исаакян (Казарапат)	1439,2	фонт.	136	«	«
59	Норабер (Келали)	1400,1	1396,9	133	«	нет
60	Саракап	1582,7	1582,3	119,6	есть	нет
61	Ширакаван	1450		146	нет	есть
6	Азатап	1495	фонт.	167	«	«
	»	1489	1482	274	«	«
56	Агин	1455		122,2	есть	«
62	Баджоглы	1546	Вода пропала в базальтах	145	«	«
3	Барцрашен	1604	1570	180	«	«
63	Баграван	1449,6	1348,6	158		
64	Ашнак	1440	6/в	115	«	нет
65	Баяндур	1477,1	1474,4			
66	»	1473,1	фонт.	138,4	нет	есть
67	Ахурик	1591,2	1584,2	153		
68	Н. Артик	1550	6/в	148,5	есть	

1	2	3	4	5	6	7
69	Алагез (между Мал. и Большим)	2060	2059	50	нет	нет
70	Джрапи	1446,8	6/в	61,5	есть	нет
71	Джрапи В. (Кегач)	1443,7	1427	126		
2	Дзоракап	1760	6/в	235	есть	нет
5	Лентекстиль	1555,2	1325	325	нет	есть
72	Айгебац (Ильхиabi)	1545	1477	127,6	есть	нет
18	Агарак	1109,3	1092	500,7	есть	нет
4	Дзитанков	1719,2	6/в	457,3	«	«
27	Агавнатун	919,7	902	400,5	«	«
1	Ахула	2074	6/в	321,5	«	«
16	Октемберян	963	847,5	234	нет	нет
13	Кармрашен ж.-д.	1090	920	250	есть	«
33	Айгегорц совх.	890	849	71,3	«	«
74	Сасуник (Караджаляр)	1600	1586	52	«	«
75	Ст. Октемберян (хл. зав.)	861,3	849,2	161,3	«	«
31	Звартноц	852	848,8	445	«	«
30	Аршалуйс	865	848	120	«	«
76	Лукашен	869	848	35	«	«
85	Назырван	—	1170—1085	—	—	—
83	Аракс ж.-д.	902	848	168	есть	—
91	Кизилы	931,1	885,1	94	«	—

дом воды. Родники эти дают начало реке Шахверт, имеющей гидрометрический пост в сел. Парби. Замеры на этом посту показывают большую равномерность стока реки Шахверт.

В III томе нашей работы (11) на рис. 35 показан гидрограф этой речки, а на рис. 36 дан сличительный график.

максимальных январских расходов р. Шахверт и февральских оз. Айгерлич. График этот убедительно показывает на синхронность расходов, которая дает основание считать, что р. Шахверт, как и оз. Айгерлич, получает свои воды из подземного озера.

Если мы с таким же подходом обратим свои взоры на Апаранские родники, то можем отметить, что Апаранские родники имеют режим, отличный от режима Шахверта. Воды Апаранских родников слабо зарегулированы. В томе X приводится таблица расходов Апаранских родников. При среднем расходе их в 600 л/с мы встречаем расходы и в 290 л/с и 800 л/с. У подножья горы на участке выхода Апаранских родников имеются озерные отложения, которые обнажаются несколько ниже у Зовуни (Чамурлу). Эти отложения и пемзы являются водоупором для родников Апарана. Все это говорит о том, что Апаранские родники с их высотной отметкой в 1900—1920 м не могут быть включены в число родников, питаемых подземным озером.

Таково же наше отношение и к Талинским родникам на западном склоне массива Арагац, выходы которых расположены выше уровня подземного озера на отметках более 2000 м; к ним относятся родники Сарнахпюр, Агакчи, Кармрашен (Крмзлу), Шагаршик, Иринд.

Ниже приводим данные 1958 г. гидрогеологической режимной станции Армянского геологического управления о размере амплитуд колебания расходов и температуре вод родников с одной стороны Апаранских и Талинских, с другой—Назырван—Базмахпюрских.

Отметим, что Назырван—Базмахпюрские родники являются самыми верхними в зоне подземного водохранилища, поэтому возможно, что они отчасти получают воду и с собственного бассейна. С этой точки зрения амплитуды колебаний, представленные в таблице 23, являются наивысшими.

Для большей убедительности приводим таблицу 24 среднемесячных расходов Назырванских родников по данным гидрогеологической режимной станции Армянского геологического управления за 1958 год. Эта таблица подтверждает мысль о большой зарегулированности расходов родников.

Амплитуды расходов и температуры воды Талинских, Апаранских и Назырван—Базмахпюрских родников

№ п. п.	Наименование родников	Средн. рас- ход л/с	Амплитуда в %	Температура
------------	--------------------------	------------------------	------------------	-------------

Талинские родники

1	Иринд	9	76,5	7
2	Тоже	1,8	96,5	7
3	Тоже	12,5	56,6	7
4	Шагаршик	5,8	96	7
5	Тоже	3,8	99,3	7
6	Кармрашен	29,6	66	6
7	Кармрашен	10,5	51,1	6
8	Тоже	37,1	68	6

Апаранские родники

9	Апаранские	7,3	73	5,5
10	Тоже	8,4	3,4	5,5
11	Нигатун	30,2	84,8	7
12	Кучак	4,5	99	7

Назырван—Базмахпюрские родники

1	Назырванские	23	13,5	10
2	Тоже	126,6	3,4	9
3	Тоже	81,4	10,3	10
4	Тоже	24,4	21,5	10
5	Тоже	57,7	7,7	10
6	Тоже	39,1	12,5	10
7	Базмахпюрские	7,7	11	10,5

Таблица 24

Среднемесячные расходы Назырванских родников за 1958 год

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Сред.
Охнаки ахп. 40	22,7	22,7	22,6	22,6	21,5	22,0	23,4	24,9	25,5	25,4	25,1	24,4	23,6
Корбулаг № 36	9,7	9,4	9,5	9,4	9,4	9,4	10,6	10,6	11,7	12,1	10,6	8,7	10,1
Базмахпюр Джагаци 24	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	6,1
Джагаци 112	129,5	126,7	127,8	128,6	129,6	129,6	129,6	129,6	128,1	129,6	130,0	130,0	129,0
113	76,3	73,3	76,2	78,7	82,3	86,5	85,8	90,0	92,8	91,9	89,0	85,3	84,0
Мушеги 114	25,4	25,6	25,2	23,6	22,6	23,6	25,8	24,1	23,5	23,4	24,0	25,0	24,3
Село 115	86,0	86,0	85,0	85,3	84,2	83,8	83,6	82,5	81,6	82,3	82,3	82,3	83,8
116	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Лотск 117	41,3	41,3	41,3	40,8	39,8	38,9	38,4	37,8	38,8	40,1	40,6	40,0	39,8
											Сумма		460,7

По данным таблицы 22 составлены гидроизогипсы
глубинных зон массива Арагац (рис. 19).

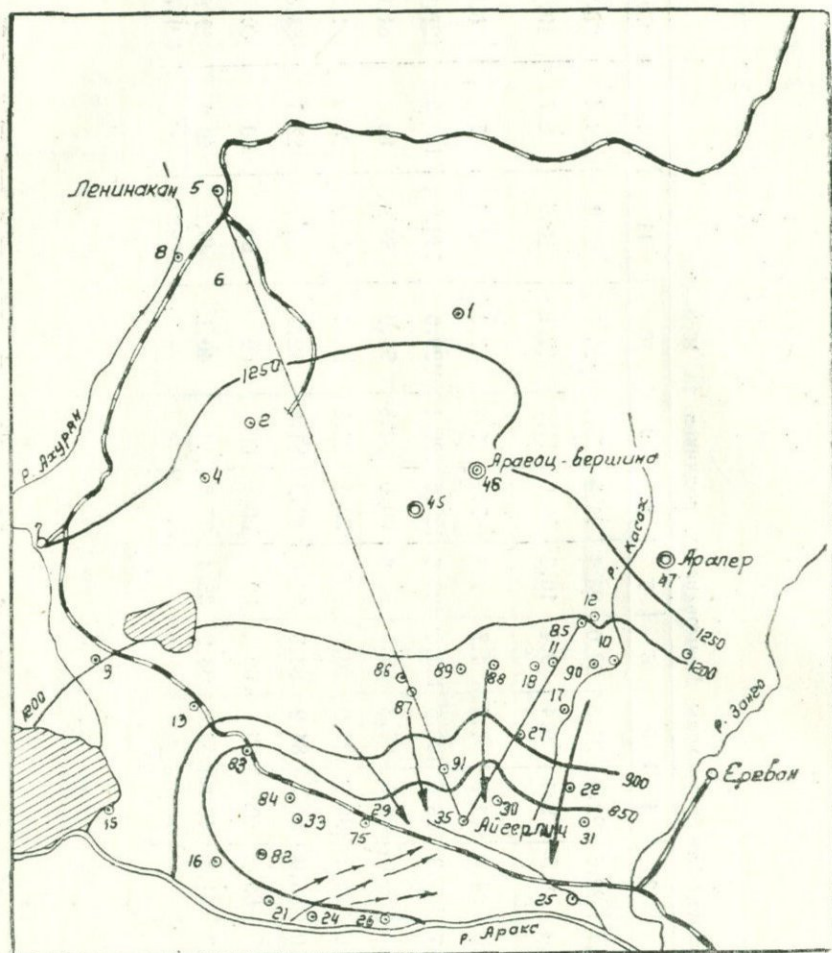


Рис. 19. Предполагаемые границы подземного озера и сливного участка под массивом Арагац.

На восточном отсеке имеем скважины в Аршалуйсе (точка 30) с отметкой уровня воды 848 м и в Агавнатуне (точка 27) с отметкой уровня воды 902 м. Назырванские родники имеют отметку 1170—1160 м.

Для Агарака (точка 18), находящегося на линии Агавнатун—Назырван, мы должны иметь отметку (см. стр. 102).

$850 + \sqrt{q^2 + 2qx} = 850 + \sqrt{58674} = 850 + 242 = 1092$, что и имеем фактически.

Этот расчет весьма показателен, он подтверждает правильность включения в таблицу 22 Назырванских родников. На восточной окраине других точек с наблюдаемым уровнем воды мы не имеем. Хотя в этом районе немало глубоких скважин специального назначения: в Мугни, Уши, Парби, Ошакане (Херес) и в др. местах, но, к сожалению, не было произведено ни одного замера уровня воды, — геологи, выполнявшие работу, упустили засечь воду.

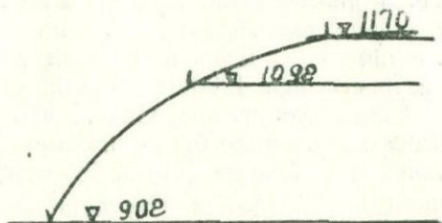


Рис. 20. Уровень воды в Агараке на линии слива.

На северной и западной границе имеем безводные скважины в с. Ахула с забоем на отметке 1814 м, дошедшим до осадочной толщи, в с. Дзитанков, остановленную в базальтах, с забоем на отметке 1262 м.

Отметим при этом, что в базальтовой лаве, как будет пояснено ниже, инфильтрующиеся атмосферные осадки опускаются в основном вертикально вниз и скапливаются выше уровня озера на местных водоупорах или в пределах подземного озера в контактной зоне ошлакованных базальтов.

Скважина в Дзитанкове глубиною 457 м в разрезе показывает андезито-дациты, местами прослой туфов и лишь в забое отмечается первое появление ошлакованных базальтов. Очевидно, необходимо было пройти весь слой ошлакованных базальтов. Весьма вероятно, что мы при этом получили бы возможность более твердо говорить об уровне подземного озера на этом участке, а село получило бы свою дорогу воду.

Скважина в Дзитанкове имеет для нас весьма большое значение. Если считать, что Назырванские родники имеют выход на отметке 1170 м, а уровень воды в подземном озере для этого участка несколько выше, т. е. на отметке кругло 1200 м, то мы должны признать, что в глубь горы уровень подземного озера для поддержания течения хотя и поднимается, но все же не доходит до отметки 1262 м.

Округляя, примем крайнюю гидроизогипсу в 1250 м. Такое округление считаем возможным, так как предполагаем дать гидроизогипсы не чаще, чем через 50—100 м.

Для правильного нанесения гидроизогипс учитываем также и то, что ниже излучины р. Ахурян имеется поток грун-

товых вод со стороны Алуджи в сторону Айгерлич—истоки Севджура при пороге осадочной толщи ниже 1300 м (Ани-лемза), поэтому на западной границе гидроизогипсы должны иметь соответствующее направление. В прежней нашей работе (11) Алуджинский поток вместе с Араксинским определен в размере 123 млн м³ в год. Эта цифра указывает, что отдельно взятый Алуджинский поток в общем небольшой, именно—1—2 м³/с, и в связи с этим на западной границе гидроизогипса 1200 м должна быть недалеко от р. Ахурян.

Нам могут возразить, что крайнюю гидроизогипсу 1250 м следовало бы поднять еще на 100 м, так как в Баграванской скважине (точка 63) отмечен уровень воды в 1348 м.

Село Баграван (Бугдашен) располагается близ весьма узкой горловины, образуемой древними породами с базальтами на верхних отметках. По этой горловине проложено полотно железной дороги. Ниже этой горловины имеем резкое падение рельефа (см. карту сбросов 9 рис. 59). Поэтому уровень воды в Баграване не соответствует зеркалу грунтовых вод Арагаца, здесь имеет место лишь местный подрусловый поток, направляющийся в крупный Тликский овраг.

На западной границе в южной ее части меридиональные гидроизогипсы сопрягаются с потоком грунтовых вод, идущих от Аракса в сторону истоков Севджура (11 рис. 102).

В пределах южной границы грунтовый поток массива Арагац сопрягается с уже достаточно хорошо изученными грунтовыми водами Арагатской долины (11).

Считаем нужным несколько остановиться на гидроизогипсах, сопрягающихся с водами р. Касах; для этого рассмотрим вопрос с гидрологической точки зрения.

Реку Касах гидрологически можно разбить на пять участков. Первый, верхний участок, характеризуется выходами родников близ поймы реки. Он начинается от истоков и кончается у горловины близ с. Касах (Чамурлу). На этом участке река набирает воду от Апаранских родников и болотных выходов Чамурлу. Секундный расход Апаранских родников—600—750 л/с, отметка их 1900—1920 м. Согласно экспедиционным замерам в июле 1932 г., в конце этого участка расход реки был равен 1,24 м³/с. Второй участок кончается близ села Куши. Здесь отметка русла 1798 м, протяжение второго участка 6 км. Этот участок переходный, — если первый участок характерен пойменными родниками, то второй участок характеризуется появлением и нисходящих родников Зовуни. Экспедиционные замеры 1932 г. показывают родниковое поступление в реку порядка 50 л/с. Расход родников Зовуни по данным Водно-энергетического института АН Арм. ССР за 1941 г. определяется величиной того

же порядка—в 72 л/с. Расход реки в конце участка по данным экспедиции 1932 г.—1,06 м³/с.

Третий участок реки протяжением 20 км кончается у с. Карпи с отметкой русла 1181 м. Этот участок реки располагается в глубоком каньоне. Родники здесь преимущественно нисходящие, воды их сбрасываются каскадом в реку с большой высоты. На этом участке в период экспедиционных замеров в порядке нормирования оросительных вод (11 стр. 151) осуществлялся сброс с реки Гехарот в размере 500 л/с (у с. Аппагюх). В пределах этого участка расположены выходы Сагмосаванских родников. Суммарный расход их, фиксированный в реке,—310 л/с.

Оганаванские и Карпинские родники также нисходящие; выходы их на отметках 1220—1185 м, суммарный расход их 50 л/с. Расход реки, зафиксированный экспедицией в створе ниже водомерного поста с. Оганаван, оказался равным 1,02 м³/с. В пределах третьего участка оросительных выводов не было. Приток воды на этом участке равен:

1) Сброс с Гехарота	—500 л/с
2) Сагмосаванские родники верхние и нижние	—310 »
3) Оганаван-Карпинские родники	— 50 »
4) Уменьшение расхода р. Касах 1060—1020	— 40 »
Итого	— 900 л/с

Этот расход в 900 л/с был поглощен русловой инфильтрацией, что дает величину удельной потери расхода на этом участке в размере

$$\frac{900}{20}=45 \text{ л/км.}$$

Четвертый участок реки длиной 3,5 км имеет отметку русла в голове у Карпи 1181 м, и в конце у Аштарака—1110 м.

Расход реки в голове 1,02 м³/с, а в конце у Аштарака после отвода Аштаракской канавы—2,71 м³/с. Расход Аштаракской канавы—0,7 м³/с. Таким образом, прибыль воды на этом участке составляет:

$$2,71+0,7-1,02=2,39 \text{ м}^3/\text{с}$$

Как видим, в противоположность предыдущему участку рассматриваемый участок характеризуется не потерями, а обильным поступлением вод.

В высотном отношении рассматриваемый участок располагается как раз у подземного озера. Одновременно в пре-

делах этих же отметок располагаются и Назырван—Базмахпюрские родники, имеющие отметки 1175—1085 м. Суммарный расход Назырванских родников, выходящих амфитеатром на отметках 1175—1160 м, и Базмахпюрских на отметках 1130—1085 м, равен для первых—900 л/с и для вторых 254 л/с (по замерам Водно-энергетического института АН Арм. ССР в 1941 г.).

Отсюда следует, что подземное озеро питает не только Назырван—Базмахпюрские родники, но и р. Касах на той же высоте.

Если учесть, что на этом же участке с правого борта каньона с высоты 30—35 м низвергаются в реку воды Мугнинских родников, имеющих расходы по данным Водно-энергетического института АН Арм. ССР (Г. А. Осипов) порядка 300—400 л/с, то общий расход подземного озера на этом участке будет

$$2390 - 350 = 2040 \text{ л/с,}$$

что дает удельное поступление в систему Касах—Шахверт, исчисленную условно по р. Касах, в размере

$$\frac{2040}{3,5} = 600 \text{ л/км.}$$

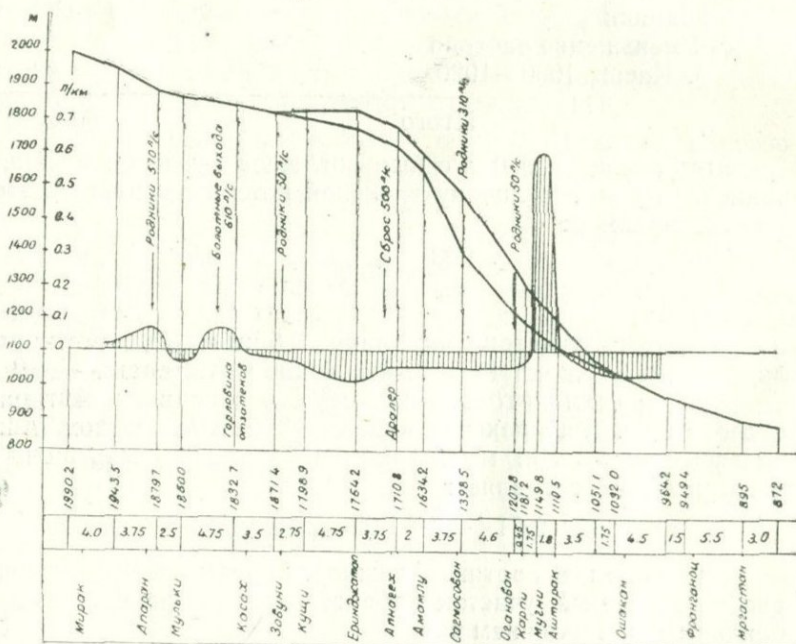


Рис. 21. Продольный профиль р. Касах и гидрологические участки потери речной воды и дренажа.

Пятый участок реки Касах от Аштарака до Ошакана и далее вниз по реке характеризуется опять русловыми потерями. В прежней нашей работе мы привели данные специальной экспедиции 1939 г., которая определила русловые потери в размере 30% (11 стр. 373) для участка Аштарак—с. Франганок. В пределах же конуса выноса р. Касах с базальтовым основанием ниже с. Франганок гидроизогипсы перпендикулярны реке Касах, что указывает на то, что река здесь не дренирует грунтовые воды, а продолжает терять свои воды.

На рис. 21 представлены: 1) продольный профиль реки Касах, 2) протяжение и глубина каньона, 3) границы гидрологических участков, а также совмещенный с профилем реки график потерь и поступлений в реку.

Рисунок 22 убедительно подтверждает, что лавы под Арагацем насыщены водой лишь до отметки 1200 м (на участке Карпи—Аштарак), а на дальних участках в глубь горы до более высоких отметок.

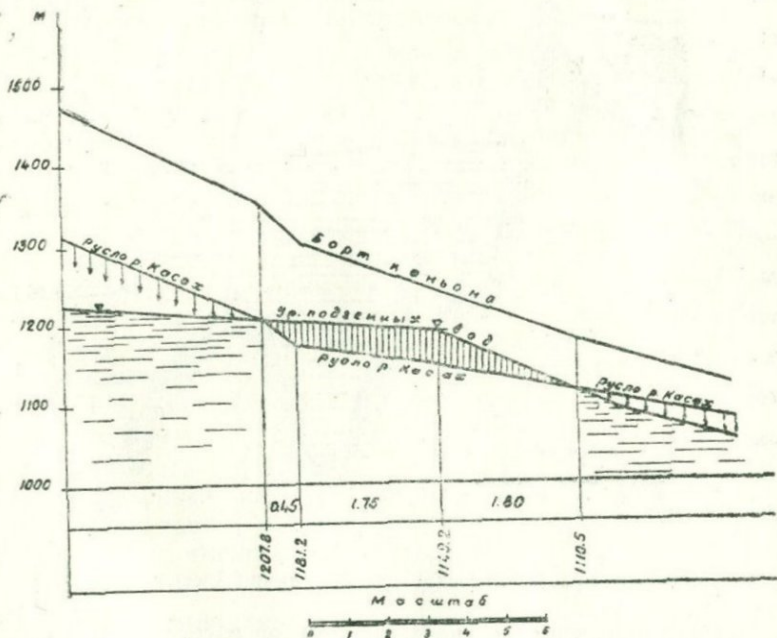


Рис. 22. Профиль участка дренажа подземных вод рекой Касах.

На рис. 23 представлен поперечный разрез Айгерлич—Ленинкан в направлении север-юг. Он дает правильную картину подластового рельефа и поверхности воды подземного озера. Эта поверхность отнюдь не горизонтальна, имеет на-

клоны, зависящие от интенсивности потока в сторону истоков Севджура и северных границ Араратской долины. Сбросы, плановое расположение которых совершенно точно дают нам бисвулканы, указывают на полосы более быстрых продвижений воды, в соответствии с чем и извиваются гидроизогипсы подземного озера.

Профиль подземного озера по разрезу Айгерлич—Ленинакан имеет заметный излом на линии Назырван-Касах. Нужно признать, что такой же излом нужно ожидать и по всему южному склону горы. Этот излом как бы отделяет подземное озеро от сливного участка.

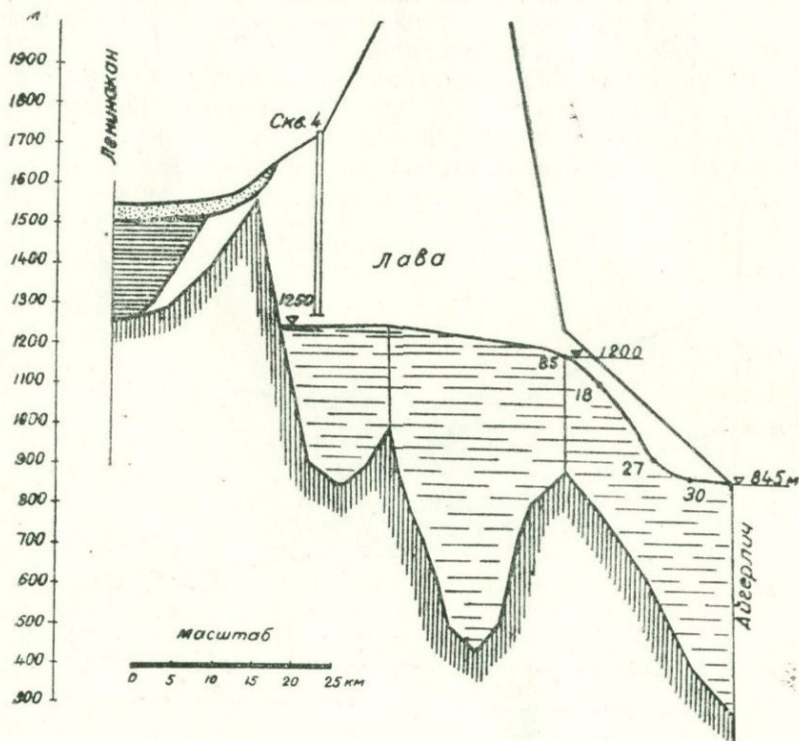


Рис. 23. Поперечный разрез массива Арагац по линии Айгерлич—Ленинакан.

На верхнем участке своею подземное озеро имеет глубокое лавовое сечение и нарастающий с малых величин расход воды, в связи с чем гидравлический уклон потока вначале небольшой.

Если бы не было участка кизиллов и имелись бы однообразные условия по линии продвижения потока, то выход подземных вод происходил бы по всей подошве южного склона горы (рис. 24).

Именно таковы в настоящее время условия выхода Мугнинских родников в каньоне р. Касах: здесь на высоте 30 м над рекой прослеживается туфопемзовый водоупор; родниковые воды не прижимаются к этому водоупору, а занимают над ним значительную высоту. Таковы же условия выхода вод на склоне Чамурлинских болот на р. Касах.

В условиях Арагаца на южном склоне его такая картина не наблюдается. И это в связи с тем, что по пути движения подземных вод поток вступает на участок сли-

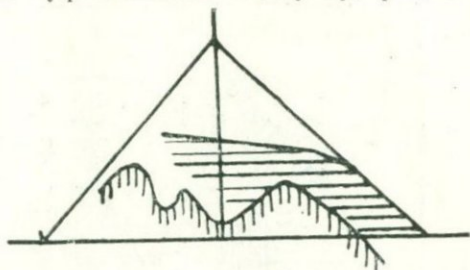


Рис. 24. Схема продвигания подземных вод при отсутствии участка высачивания.

ва, характеризующийся малым коэффициентом фильтрации и поэтому повышенным гидравлическим уклоном потока.

Поперечный разрез подземного озера, представленный на рис. 23, определенно указывает, что воды подземного озера находятся в условиях подпора со стороны слива. Лишь в условиях подпора уровень воды в подземном озере может поддерживать столь слабые уклоны, показанные на разрезе. Ниже будут даны числовые показатели подпора.

А. Т. Асланян (3) характеризует участок слива, т. е. район кизилов на южном склоне Арагаца как район большого количества шлаковых конусов, являющихся центрами извержений туфового материала и частью центрами извержений лав (3 стр. 174). Их возраст четвертичный. Согласно схематической карте района кизилов (рис. 25), туфы располагаются в верхней части участка, нижняя лавовая не перекрыта туфами.

О мощности туфов на этом участке можно судить по некоторым разрезам скважин. Так, в Уши, где скважина приостановлена в лавах и потому не имеет полного разреза, туфовые породы имеют суммарную мощность в 107 м, в Парби—48 м, Арагаце ж. д.—37 м. Но эти скважины для района кизилов являются периферическими; в центральной части района надо ожидать еще большие мощности туфов, меж тем как средняя мощность большинства туфовых покровов по республике колеблется в пределах 3—4 м (3).

Нельзя упускать из виду и того обстоятельства, что указанное обилие туфов приходится как раз над Араратской грядой.

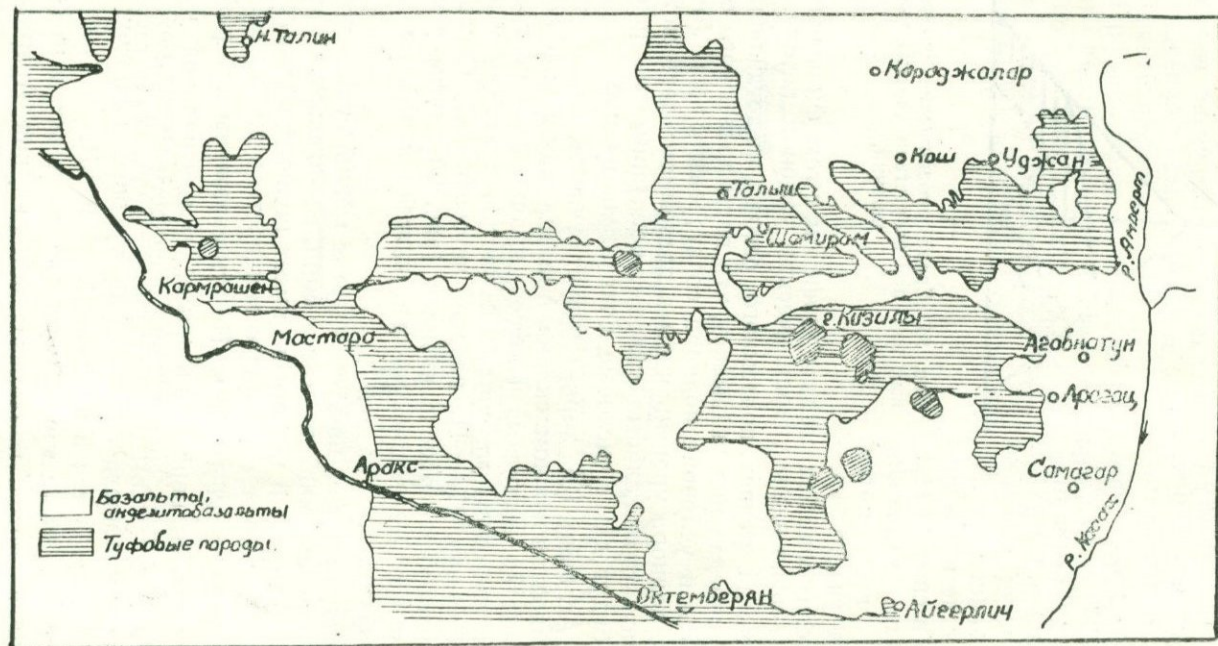


Рис. 25. Схематическая карта участка кизилов.

Таков комплекс причин, поднявших уровень подземного озера и вызвавших повышение гидравлического уклона на сливном участке.

Из схемы (рис. 26) легко усмотреть, что воды подземного озера могут иметь наибольшее приближение к склону лишь в местах излома гидравлического уклона.

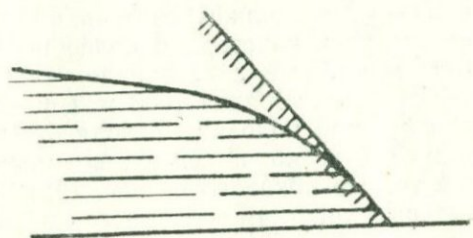


Рис. 26. Схема приближения подземных вод к склону горы.

Нам представляется, что на Арагаце к такому, по-видимому, можно отнести участки Талыша и Шамира. На этих и близких к ним участках надо ожидать сравнительно неглубокое залегание вод подземного озера.

При общем уклоне уровня подземного озера к югу, в сторону слива, этот уклон не постоянен и само зеркало озера не представляет плоскости.

Изменения градиента падения уровня озера вызываются как интенсивностью поступления инфильтрационных вод в озеро, так и коэффициентом фильтрации пород, через которые продвигается вода.

Если на восточном и западном участках отмечаются сосредоточенные выходы воды, то гидроизогипсы на сливном участке, а также и на прилегающих участках подземного озера получают искривление, характерное для оврагов.

Такая картина представлена на рис. 44 на линии Талыш—Айгерлич.

Анализ гидрографов оз. Айгерлич и истоков р. Севджур указывает на различные условия питания последних (рис. 33). Нам представляется, что истоки р. Севджур получают питание с западных участков подземного озера, а оз. Айгерлич и р. Шахверт, а также частично р. Касах подпитываются с восточных участков озера.

Согласно рис. 17, на полосе приближения вод подземного озера к сливному участку третичная кровля, представляющая дно подземного озера, на западной стороне имеет сравнительно низкие отметки; на этом основании полагаем, что и уровень подземного озера на западной стороне должен быть ниже уровня восточной стороны озера.

Это обстоятельство усиливается еще и тем, что на западной стороне имеются относительно крупные выходы Талинских родников, понижающих размер питания подземного озера на западной стороне, в то время как на восточной сто-

роне действует круглый год постоянная русловая инфильтрация в реках: Касах, Гехарот, Архашан, Амперт.

Учет этих обстоятельств говорит за то, что, принимая средний уровень воды подземного озера у сливного участка в 1200 м, мы должны считать, что на востоке в глубине горы имеем уровень озера с более высокой отметкой, примерно 1300 м и более, а на западе у сливного участка более низкие отметки, порядка 1000 м. При этом гидроизогипса 1200 м на западной половине, отходя от границы сливного участка, получает изгиб к северу, возможно, более ощутительную, чем то, что показано на рис. 19, располагаясь ближе к центральным участкам подземного озера.

Несколько слов о подземных шумах на массиве Араган, о которых упоминалось раньше (11 стр. 108).

П. И. Сырников, проводивший наблюдения на Арагане (16), считал, что подземные шумы имеют исключительно воздушное происхождение, что они не имеют никакого отношения к журчанию воды. Свои утверждения он доказывал тем, что, по его наблюдениям, подземные шумы имеют резко выраженный суточный ход—они сильны днем при ветре сни-

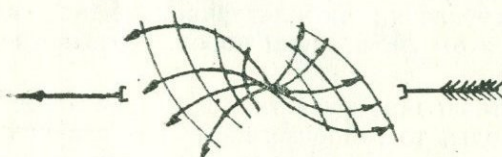


Рис. 27. Кривые распространения звука при ветре.

зу и слабы в утренние часы при слабом ветре. При этом он полагал, что журчание воды, если бы таковое существовало, должно было быть слышно и при отсутствии ветра. Он не учитывал, что

сама слышимость журчания воды зависит от интенсивности подземного воздушного течения: ослабляя искусственно интенсивность последнего, он терял и слышимость журчания.

Рис. 27 поясняет роль ветра в вопросе слышимости. Звук лучше слышен при попутном ветре, чем при ветре противоположного направления.

Нужно отметить и роль температуры воздуха, поступающего из глубины. В летние месяцы (зимой нет шумов) воздух из глубины всегда холодный; это обстоятельство в свою очередь повышает слышимость при попутном ветре, в особенности при распространении его над поверхностью воды.

Таким образом, журчание на участке слива нельзя считать исключительно воздушным явлением, несомненно, во многих случаях его можно полагать и от продвижения подземной воды.

РЕЖИМ ПОДЗЕМНОГО ОЗЕРА

Приступая к рассмотрению режима подземного озера, считаем необходимым дать характеристику чаши озера.

На основании предыдущих глав мы представляем подземное озеро как чашу, воды которой с юга частично подпираются туфовой преградой. Вода из чаши изливается сквозь преграду, направляясь вниз по сливной полосе в сторону участка высачивания и далее к истокам р. Севджур и оз. Айгерлич.

Это озеро до некоторой степени напоминает оз. Севан. Оно, как и озеро Севан, имеет резко очерченную чашу; подобно озеру Севан, воды, заполнив чашу, в пониженном участке широким фронтом изливаются и дают сток из озера.

Для озера Севан, как и для всех прочих озер земного шара, сток может быть лишь в одном месте, так как пропускная способность отводного русла обычно достаточно велика и всегда может удовлетворить любому стоку из озера.

В условиях подземного озера, где воды располагаются в трещинах лавы, условия иные. Если предположить, что трещиноватость лавы равна 1%, то при повышении уровня подземного озера на 50 м наземное озеро в этих же условиях повысило бы свой горизонт всего лишь на 1/2 м. Поэтому, если наземное озеро имеет сток обычно в одном лишь небольшом участке береговой линии, то подземное озеро может иметь его в нескольких местах и притом значительным фронтом. В зависимости от геологических условий сливного участка в одних местах слив будет малым, в других большим, в третьих, где водопроницаемость весьма мала, слив не будет вовсе. Практически надо ожидать, что повышенный слив будет иметь место на полосах, занятых андезитобазальтами. Поэтому изолинии, показанные на рис. 19, если и поддерживают непрерывность, то во всяком случае будут более извилистыми.

На озере Севан атмосферные осадки выпадают на поверхность озера непосредственно и поступают в озеро с его бассейна наземными реками, имеющими и подземное русловое сопровождение. В подземном озере инфильтрующиеся атмосферные осадки ниспадают непосредственно на уровень подземного озера и поступают с бассейна, они обильны при таянии снегов, весенних дождях и скудны или вовсе отсутствуют зимою, когда гора Арагац скована морозом и толстым слоем снега.

На озере Севан имеет место значительный испарительный процесс, в подземном же озере его почти нет, вернее

незначительное испарение от подземных воздушных течений чередуется с конденсационным процессом в весьма небольшом масштабе последнего. Практически можно считать, что испарительный процесс вовсе отсутствует.

О режиме подземного озера можно судить по стокам р. Севджур и оз. Айгерлич. В таблице 33 приводятся среднемесячные расходы р. Севджур на п. Зейва за все годы наблюдений, а в таблице 32 среднемесячные за годы наблюдений на о. Айгерлич, т. е. за 1931—1935 гг.

Среднегодовое расхождение р. Севджур на п. Зейва—20 м³/с, а за расчетное пятилетие 1931—1935 гг.—17,6 м³/с. Максимум расхода приходится обычно на осень.

Для более глубокого анализа режима подземного озера составляем, впервые предлагаемый нами, дифференциальный гидрограф р. Севджур. Этот гидрограф составляется на координатном поле, где абсциссой являются месячные интервалы, а ординатами—расходы реки, причем уменьшающиеся среднемесячные расходы откладываются вправо, а увеличивающиеся расходы откладываются влево, как то представлено на рис. 28.

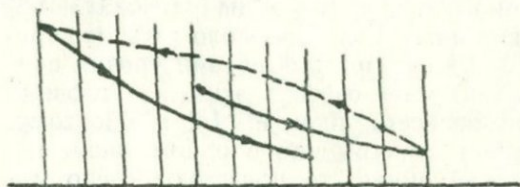


Рис. 28. Схема дифференциального гидрографа.

Подобные дифференциальные гидрографы составлены нами для естественных расходов оз. Айгерлич по таблице 33, для расходов в истоках р. Севджур и для полных расходов р. Севджур по п. Зейва. При этом

расходы в истоках реки получены из расходов на п. Зейва за вычетом естественных расходов озера Айгерлич.

Так как расходы оз. Айгерлич нам известны лишь за расчетное пятилетие 1931—1935 гг., то первые два гидрографа нами даны лишь за расчетное пятилетие, а расходы по Севджуру даны за период, охватывающий 1929—1957 гг.

Гидрограф р. Севджур, имеющий многолетний ряд наблюдений, довольно полно охарактеризован дифференциальным гидрографом (рис. 29). Последний представляет характерную полосу вначале широкую, вмещающую значительные амплитуды высоких расходов и переходящую в узкую в зоне малых расходов. Эта полоса ограничена сверху и снизу двумя кривыми, выражаемыми формулой

$$Q = Q_0 e^{-\alpha t}$$

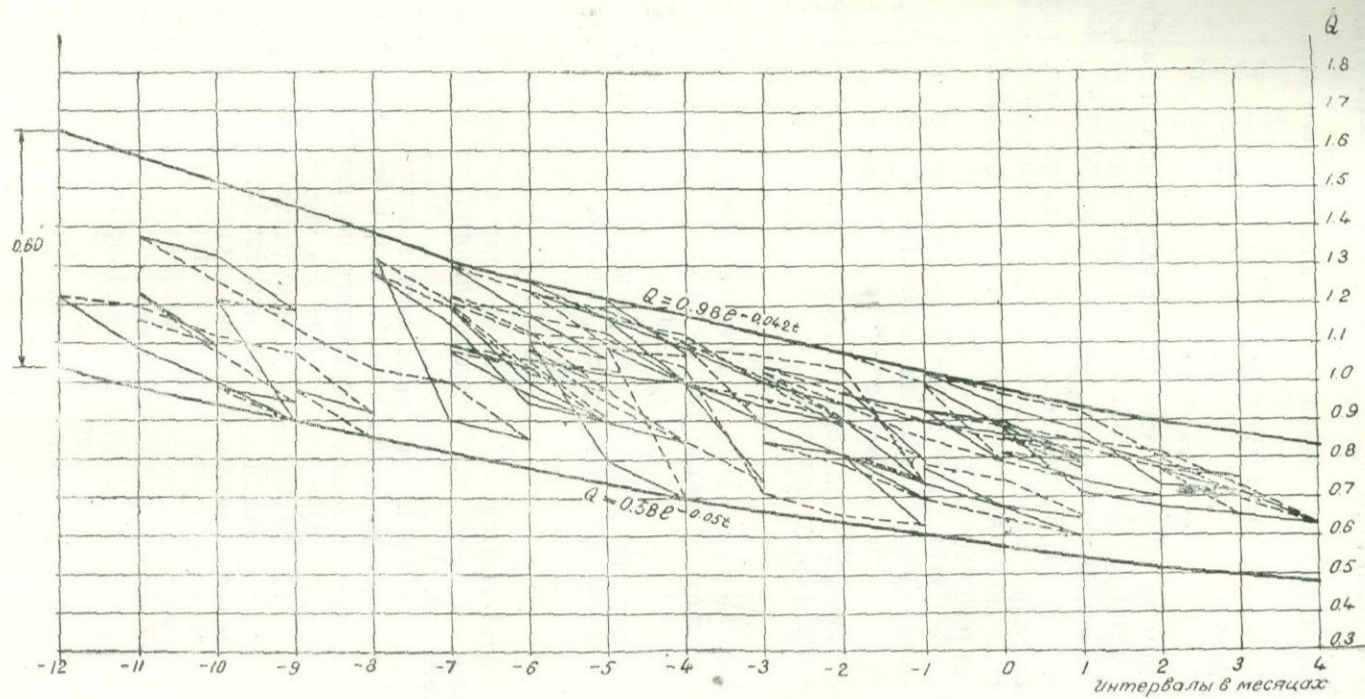


Рис. 29. Дифференциальный гидрограф р. Севджур, п. Зейва.

для которой параметры Q_0 и α определены по экстремумам гидрографа.

Для р. Севджур п. Зейва имеем: для верхнего ограничения

$$Q=1,03 e^{-0,042t},$$

а для нижнего

$$Q=0,6 e^{-0,05t},$$

а с переводом на общее с остальными гидрографами начало отсчета времени (февраль 1931 г.) получим для верхнего ограничения $Q=0,98e^{-0,042t}$ и для нижнего $Q=0,58e^{-0,05t}$.

Внутри полосы, очерченной этими двумя линиями, располагаются гидрографы за все годы, они не выходят за пределы этих ограничений. Максимальная расчетная амплитуда здесь равна $0,60 \times 20 = 12,0 \text{ м}^3/\text{с}$.

Во II томе «Подземных вод» мы имели для спада расходов наземной части оз. Айгерлич формулу

$$Q=qhe^{-0,064t}$$

Если обозначить расход в любой начальный момент, когда $t=0$, через Q_0 , то получим

$$Q_0=qh$$

Поэтому можем написать представленную формулу в начальных параметрах в следующем виде:

$$Q=Q_0 e^{-\alpha t}$$

Имея чашу для подземного озера и намечая исток озера в основном через сливной участок, можем, по аналогии с прошлым, представить расход подземного озера формулой

$$Q=Q_0 e^{-\alpha t}$$

Это обстоятельство и послужило для нас основанием ограничить гидрограф р. Севджур линиями по указанным выше формулам.

Этот гидрограф имеет существенное значение,—он показывает, что при истечении из чаши озера без ее пополнения, спад расходов будет происходить по нижней кривой линии по формуле $Q=Q_0 e^{-\alpha t}$; если же имеет место и поступление в подземное озеро, то кривая расходов располагается в пределах широкой полосы гидрографа, суживающейся постепенно по месяцам в сторону малых расходов.

Реальный фактический режим поступления и расхода подземного озера характеризуется крайними кривыми гидрографа, охватывающими всю динамику расходов. Чем больше ряд наблюдений, тем лучше характеризуется дифференциальный гидрограф подземного озера.

На рис. 30 и 31 показаны пятилетние гидрографы для

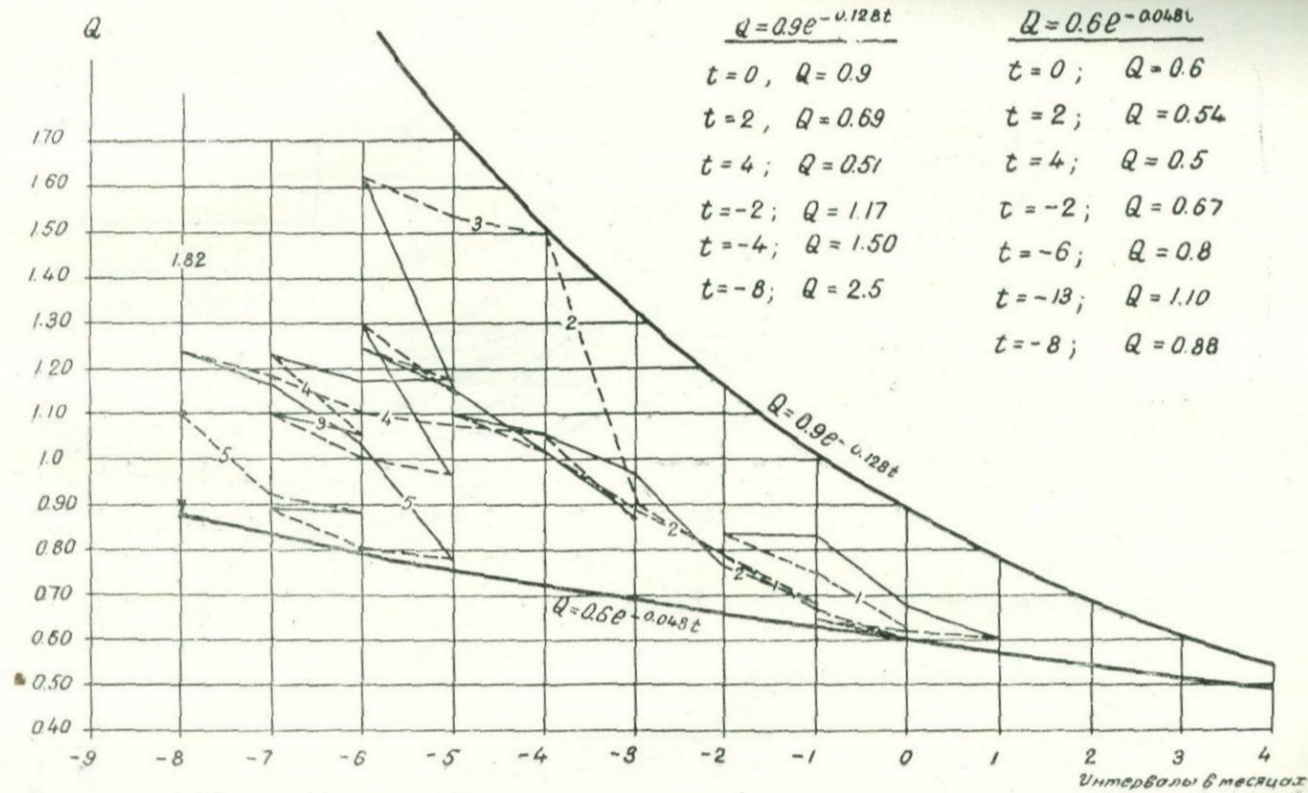


Рис. 30. Дифференциальный гидрограф оз. Айгерлич.

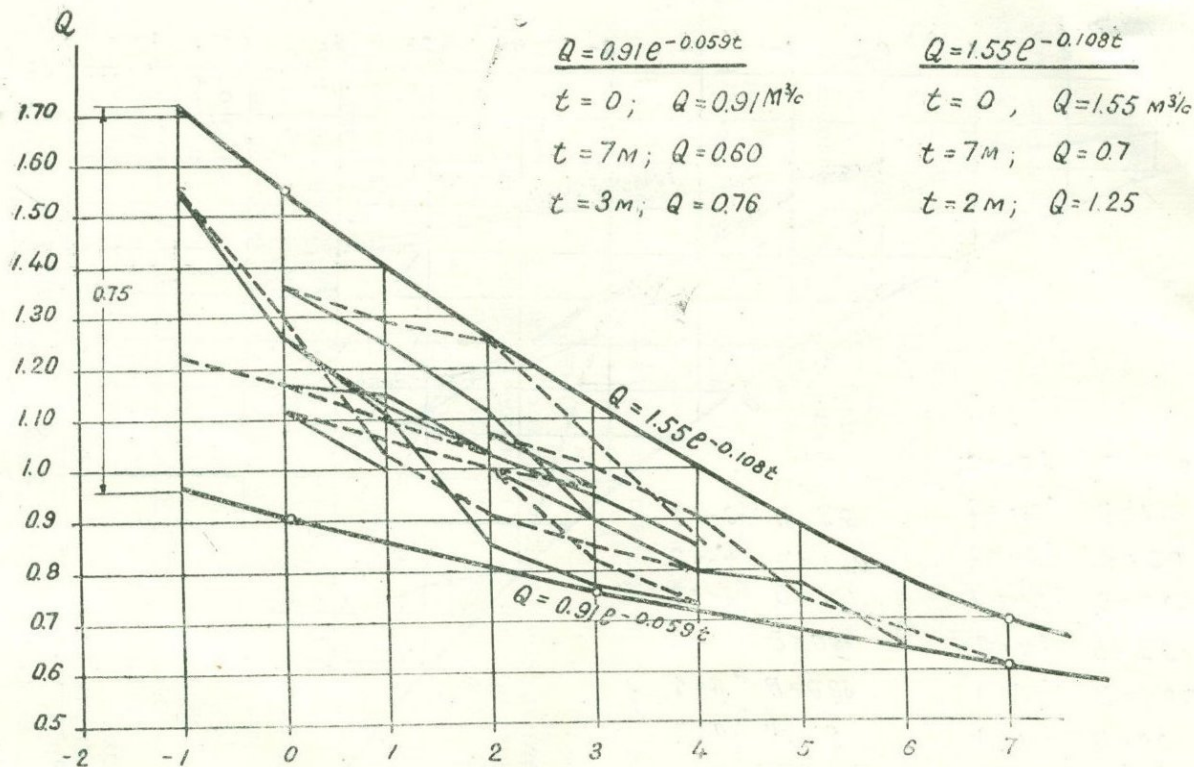


Рис. 31. Дифференциальный гидрограф истоков р. Севджур.

оз. Айгерлич и истоков р. Севджур. Несомненно, что для полноты их надо было иметь более длинный ряд наблюдений. Гидрограф Айгерлича говорит о большей амплитуде расходов. Предельная амплитуда для Айгерлича— $1,82 \cdot 2,6 = 4,7$ м³/с, а для истоков р. Севджур $0,75 \cdot 13,3 = 9,9$ м³/с.

На рис. 29, 30, 31 гидрографы составлены не для расходов, а для отношений их к среднегодовым расходам, равным: для Айгерлича 2,6 м³/с, для истоков р. Севджур—13,3 м³/с и для р. Севджур п. Зейва—в 20 м³/с. Такой прием делает их сопоставимыми, как бы одномасштабными.

Представленные дифференциальные гидрографы характерны лишь для родников. Если их применить для обычной наземной реки, то картина получается резко отличной. Для примера на рис. 32 представлен дифференциальный гидрограф для расходов р. Ахурия—п. Айкадзор, соседней реке Севджур. Наземная река имеет гидрограф, включающий принципиальное отличие от гидрографов родников.

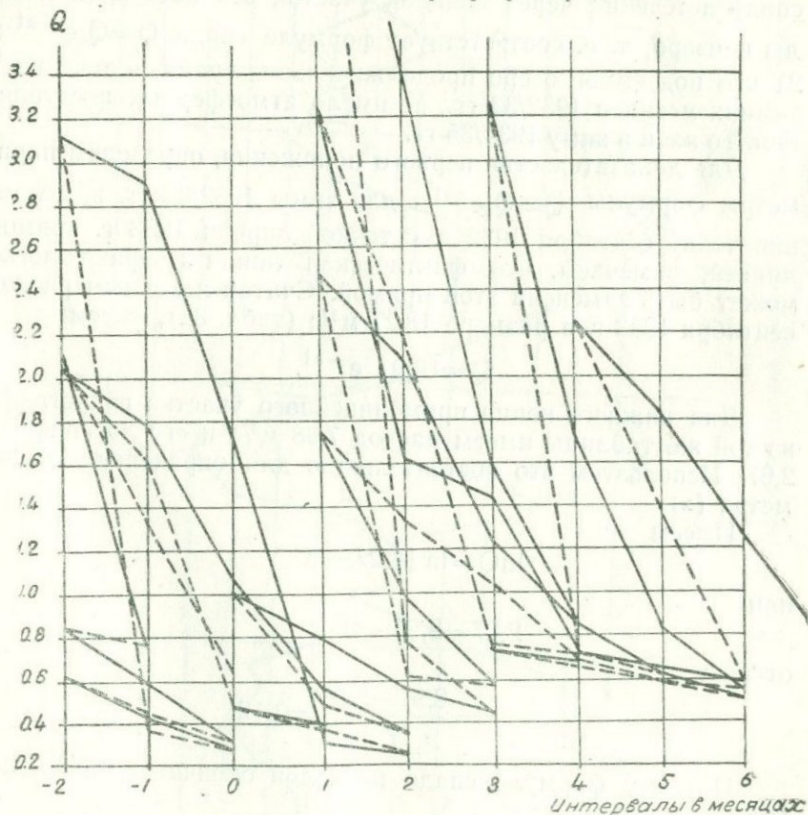


Рис. 32. Дифференциальный гидрограф р. Ахурия, п. Айкадзор.

На рис. 33 показан логарифмический гидрограф р. Севджур. На этом гидрографе вместо обычных расходов реки показаны их логарифмы, по абсциссам—месяцы.

Впервые на этом гидрографе замечаем как закономерность прямолинейные участки для зимних периодов 1932—1933 и 1934—1935 гг. В период зимы 1933—1934 гг. имеем гидрограф, не характеризующийся на протяжении 6—7 месяцев прямолинейностью, каковая отмечается на гидрографах зимних месяцев 1932/33 и 1934/35 гг. Метеорологические условия зимнего периода 1933/34 гг. действительно были отличны,—зима этого периода отличалась бесснежностью, лишь на отметках выше 2000 м имелся снег (см. том III, стр. 29, 30, 49, 205).

Прямолинейность логарифмических гидрографов указанных двух зимних периодов говорит о том, что: 1) спад расходов в истоках р. Севджур за зимний период соответствует спаду истечения через сливной участок без поступлений воды в озеро, т. е. соответствует формуле спада $Q=Q_0e^{-\alpha t}$ и 2) что подземное озеро продолжительное время, в течение 7 зимних месяцев 1932/33 гг., не имело атмосферных поступлений. То же и в зиму 1934/35 гг.

Для доказательства первого положения, определим параметры формулы $Q=Q_0e^{-\alpha t}$ для зимы 1932/33 гг. и, соединив точку сентября 1932 г. с точкой апреля 1933 г. прямой линией, замечаем, что фактическая линия графика легко может быть заменена этой прямой. Считая исходным расход сентября 1932 г. в размере 18,27 м³/с (табл. 34), имеем

$$Q=18,27 e^{-\alpha t}.$$

Для нижнего конца прямолинейного участка гидрографа из той же таблицы имеем расход 7,98 м³/с и его логарифм—2,07. Используем это обстоятельство для определения параметра (α).

Имеем

$$\ln Q = \ln 18,27 - \alpha t$$

или

$$2,07 = 2,91 - \alpha t$$

отсюда

$$\alpha = \frac{2,91 - 2,07}{7} = 0,12.$$

Поэтому формула спада расходов окончательно примет вид

$$Q=18,27 e^{-0,12 t}.$$

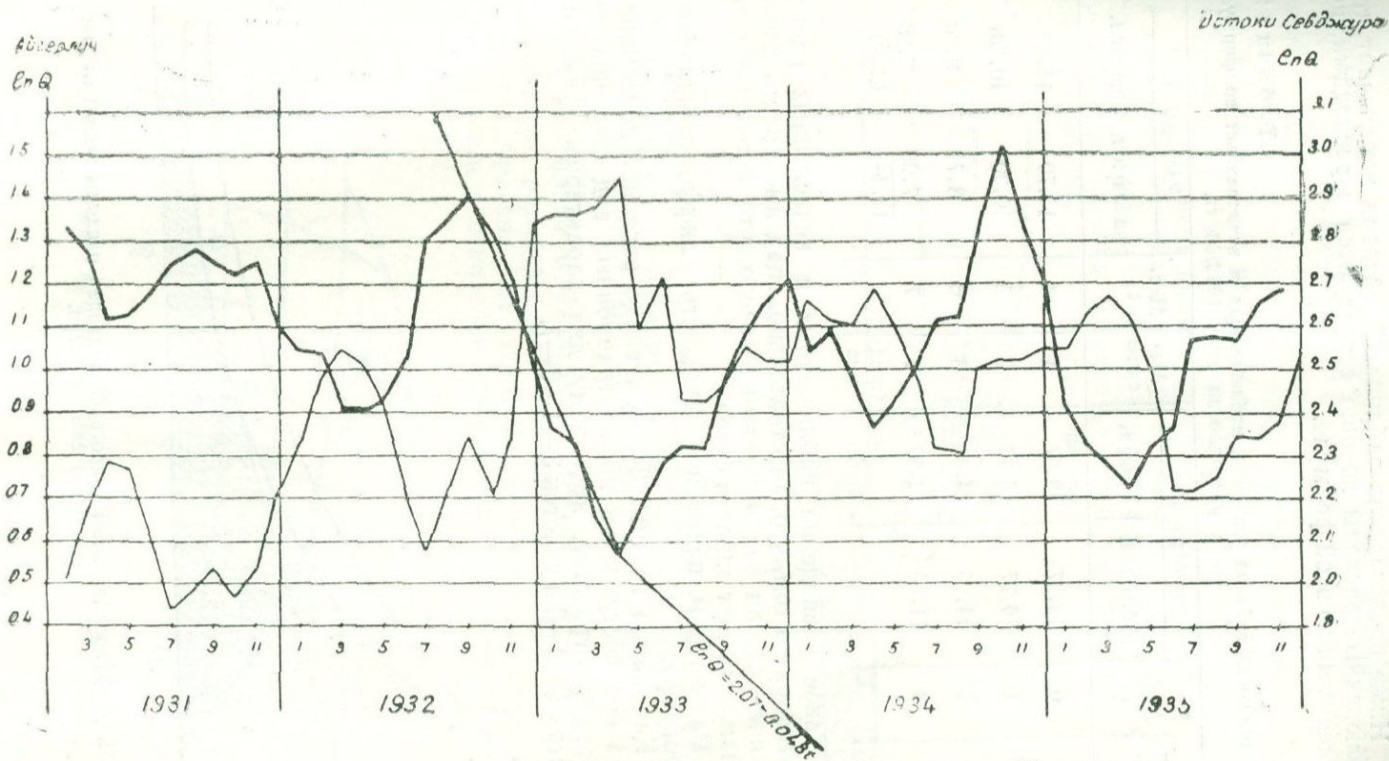


Рис. 33. Логарифмический гидрограф истоков р. Севджур и оз. Айгерлич
(тонкими линиями).

Ниже представлена таблица 25, которая показывает, что наблюдаемые расходы хорошо согласуются с расходами, исчисленными по этой формуле.

Таблица 25

Сличительная таблица расходов, наблюдаемых и исчисленных по формуле спада расходов за зиму 1932/33 гг.

Ме- сяцы	Мес. t	Расходы м ³ /с		Ме- сяцы	Мес. t	Расходы м ³ /с	
		наблюден.	исчисл.			наблюден.	исчисл.
9	0	18,27	18,27	1	4	11,70	11,40
10	1	16,77	16,30	2	5	10,30	10,20
11	2	14,95	14,40	3	6	8,71	8,90
12	3	11,85	12,80	4	7	7,98	7,98
				Сред- ние		12,44	12,52

Такое совпадение наблюдаемых и исчисленных расходов говорит о том, что, действительно, спад имел место почти без поступления вод в подземное озеро, что истечение происходило за счет запасов озера.

Рассмотрим подробнее сущность дифференциального гидрографа.

Как видно из рис. 34, при спаде расходов подземного озера без поступлений инфильтрационных вод расходы меняются по графику, имеющему два характерных участка: участок 1—2—3 и участок 3—4—5—7.

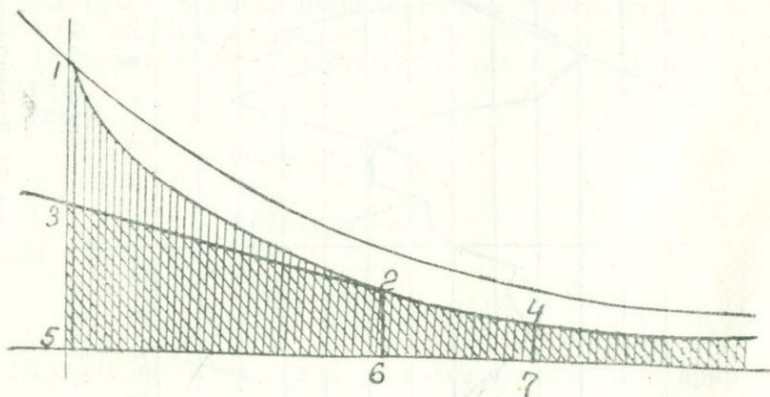


Рис. 34. Дифференциальный гидрограф выделяет расходы волны от расходов самого озера.

Расходы на этих участках определяются ординатами, выражаемыми двумя отрезками, верхний ограничивается линией 1—2, а нижний линией 3—4. Чем больше расходы подземного озера, тем выше должен быть уровень воды в нем. Поэтому можем считать, что уровень озера находится в прямой зависимости от расходов его,—повышение расходов озера должно сопровождаться повышением уровня воды в озере.

Если учитывать расходы и уровни озера на самом сливном участке, то, как известно (14), можем иметь показанную ниже зависимость между горизонтами и расходами. Этот график указывает на падение расходов по параболическому закону (рис. 35).

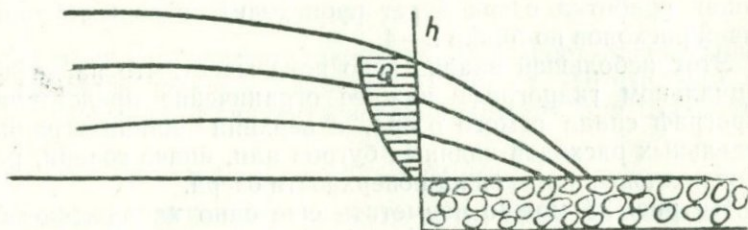


Рис. 35. Зависимость между горизонтами и расходами на сливном участке.

Мы не считаем, что в рассматриваемых нами условиях выдержаны все требования, положенные в основу этого графика. Этот график лишь отдаленно можем принять за действительность.

Интенсивная инфильтрация атмосферных осадков, неравномерно распределенная по площади озера, образует в условиях Арагаца над озером водяной бугор, в связи с чем поднимается и основание этого бугра, т. е. уровень подземного озера.

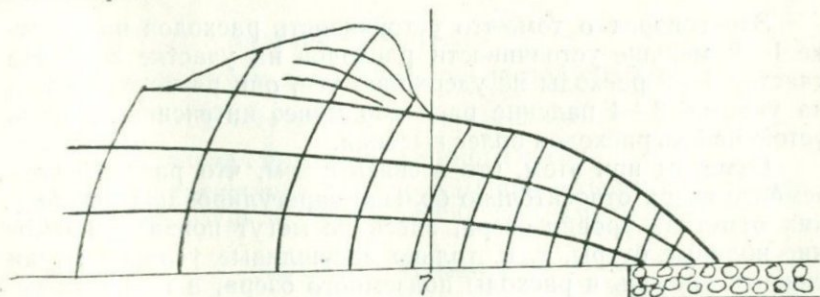


Рис. 36. Схема изопотенциальных поверхностей подземного озера.

Таким образом, инфильтровавшиеся воды в пределах озера расходятся в двух направлениях: на повышение уровня озера и на образование водяного бугра и волны.

Как известно (8), расходы в трещиноватых породах пропорциональны гидравлическим уклонам. Поэтому образование водяного бугра повышает гидравлические уклоны, и увеличивает тем расход воды озером. При сработке бугра одновременно срабатывается и уровень подземного озера.

Поэтому расход подземного озера происходит одновременно и за счет самого озера. Это видно из того, что ордината 2—6 меньше ординаты 3—5 (рис. 34).

После того, как бугор будет полностью сработан, дальнейшая сработка озера будет происходить в соответствии с кривой расходов по линии 2—4.

Этот небольшой анализ ясно показывает, что на дифференциальном гидрографе нижнее ограничение представляет гидрограф спада самого озера, а верхняя линия—границу предельных расходов водяных бугров или, иначе говоря, расходов волновых потоков на поверхности озера.

На рис. 37 можно подметить еще одно характерное обстоятельство; график расходов 1—2, расположенный на высоких ординатах, обычно круче, чем график 3—4 на низких ординатах.

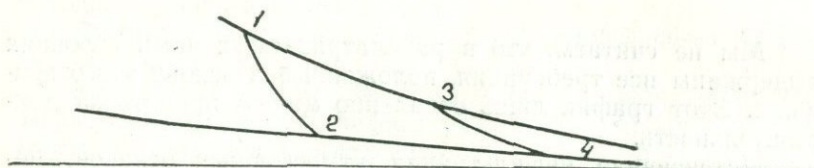


Рис. 37. Дифференциальный гидрограф указывает на падение устойчивости расходов на высоких ординатах.

Это говорит о том, что устойчивость расходов на участке 1—2 меньше устойчивости расходов на участке 3—4. На участке 1—2 расходы не удерживаются, они резко падают, а на участке 3—4 падение расходов менее интенсивное, здесь устойчивость расходов более высокая.

Отметим при этом, что в связи с тем, что расходы подземного озера относительно больше зарегулированы при низких отметках уровня озера, здесь не могут появиться высокие водяные бугры, т. к. только засушливые условия могли снизить уровень и расходы подземного озера, а при этих условиях невероятно появление больших водяных бугров.

Это обстоятельство статистически оправдывается наблюдениями над расходами р. Севджур за период времени

с 1929 по 1957 г., всего за 23 года. Дифференциальный гидрограф дал нам возможность выделить режим волны от режима самого озера. Этот же гидрограф дает нам возможность ответить на два существенных вопроса, а именно, о величине сливной призмы и о величине трещиноватости породы озерного ложа.

Изопотенциалы (рис. 36) охватывают и водяной бугор и собственно озеро. Примем максимальную ординату расхода подземного озера в $28,64 \text{ м}^3/\text{с}$.

В этой величине, помимо расхода р. Севджур в $20 \text{ м}^3/\text{с}$, дополнительно учитывается расход р. Шахверт и частично расход р. Касах в размере соответственно

$$38+63=101 \text{ млн } \text{м}^3$$

или $3,3 \text{ м}^3/\text{с}$; учитывается также грунтовое поступление воды в Араратскую долину в размере $4,34 \text{ м}^3/\text{с}$ (т. III, стр. 386), а всего с учетом коэффициента неравномерности для Шахверта и Касаха

$$3,3 \cdot 1,3 + 4,34 = 8,64 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Величину $28,64 \text{ м}^3/\text{с}$ примем в качестве максимальной ординаты при спаде расходов озера по формуле (рис. 29)

$$Q=28,64e^{-0,05t}.$$

Сток подземного озера при этом будет

$$\begin{aligned} S &= \int_{t=0}^{t=\infty} 28,64 \cdot 2,6 \cdot 10^6 e^{-0,05t} dt = \int 74,46 \cdot 10^6 e^{-0,05t} dt = \\ &= -\frac{74,46 \cdot 10^6}{0,05} e^{-0,05t} + C = -1490 \cdot 10^6 e^{-0,05t} + C; \end{aligned}$$

$$\text{при } t=0; S=0; C=1490 \cdot 10^6$$

поэтому

$$S=1490 \cdot 10^6 (1 - e^{-0,05t}).$$

При $t=\infty$ имеем для количества чистой воды

$$S=1490 \cdot 10^6 \text{ м}^3. \text{ или } 1,5 \text{ км}^3.$$

Такова сливная призма подземного озера.

Средняя трещиноватость породы при объеме лав, заполняющих ложе озера в $1200 \times 0,3 = 360$ куб. км, будет

$$\beta = \frac{1,50}{360} \cdot 100 = 0,4 \text{ } \%.$$

Это эффективная трещиноватость, охватывающая трещины больше $0,25 \text{ м/м}$. Трещины меньше этой величины

раскрытия, за исключением весьма мелких, хотя и участвуют в продвижении воды, но не освобождаются от воды при спаде ее уровня (8). Учитывая и эти трещины в качестве фактической трещиноватости, будем иметь величину, превышающую 1% при средне максимальном раскрытии трещин в 0,5 м/м. Эти данные соответствуют средней величине K в пределах (8).

$$K=0,0021-0,00016 \text{ см/сек}$$

или в среднем

$$K=1,1 \cdot 10^{-3} \text{ см/сек.}$$

Согласно геологическим данным, лавы подземного озера в основном составляют долериты и дациты. Для этих лав вполне приемлема полученная расчетом трещиноватость.

Коэффициент фильтрации лав массива Арагац и в частности лав в пределах подземного озера нужно считать меняющимся в широких пределах. Многократные эффузии различных по минералогическому составу лав предопределяют и различные коэффициенты фильтрации. Как показывает рисунок 39, в пределах массива Арагац имеются многочисленные пятна пемз, по существу водоупорных, т. е. с весьма низким коэффициентом фильтрации, что вносит дополнительную пестроту в распределении лав с различными коэффициентами фильтрации.

Такая пестрота в коэффициентах фильтрации предопределяет различную интенсивность водных потоков внутри массива Арагац и тем самым осложняет правильный выбор мест закладки каптажных сооружений в виде скважин для отбора воды. При этом нужно учесть, что скважины должны быть заложены по существу на участках, расположенных на периферии массива, где вулканическая депрессия, повышающая трещиноватость лав, выражена значительно слабее центральных участков.

В геологической науке укоренилось мнение, будто базальты обладают во всей своей массе значительной водоотдачей. Это не совсем правильно. Обычно базальты слабо трещиноваты, последние не всегда имеют пространственную связь между собой. Часто трещины почти волосные, которые, как было сказано выше, только под напором могут служить путями продвижения воды, в безнапорных условиях они закрыты для водяного потока.

Основными артериями для движения воды являются контакты многократных эффузий лав, по термическим условиям обычно ошлакованных, и в особенности тектонические сбросы.

Вода из трещин базальтов мелкими каплями, медленно, но зато по значительной площади просачивается к контактной зоне, скапливается здесь и по ложбинам ошлакованной зоны, следуя гидравлическому уклону, направляется вниз до встречи с тектоническими сбросами, куда и проваливается всей массой воды, транспортные же возможности сбросов обычно весьма велики. Поэтому надо признать, что в пределах подземного озера все базальты водоносны, но хорошей водоотдачей обладают лишь контактные зоны ошлакованных базальтов, вулканические пески или сильно разрушенные базальтовые слои. Остальная масса базальтовой лавы обладает практически незначительной водоотдачей.

Поэтому, если скважина перерезает одни лишь базальтовые слои, не имеющие в разрезе ошлакованных или разрушенных дислокациями базальтов, то в условиях современных методов бурения с применением глинистого раствора скважина может быть принята за безводную. Лишь самые тщательные наблюдения могут обнаружить небольшую, не имеющую практического значения, воду.

Контактные зоны ошлакованных или разрушенных базальтов обычно располагаются на волнистой поверхности предшествовавшей лавы, а водный поток, в зависимости от размеров последнего и гидравлического уклона, может занимать лишь нижнюю незначительную часть поперечного сечения шлаковой ложбины. Поэтому не исключаются случаи, когда скважина, перерезавшая ошлакованную зону вне водного потока, окажется безводной.

Подземное озеро, по нашим данным, имеет покатую поверхность с отметками от 1200 до 1000 м. Выше этой поверхности имеет место продвижение инфильтровавшейся влаги отдельными, преимущественно вертикальными струйками, отвлекаемыми порой частными водоупорами в пределы подземного озера или на открытый склон горы.

Ниже поверхности озера продвижение вод подчиняется гидравлическому уклону.

Еще в IV томе (12 стр. 30) нами было изучено движение подземных вод в сторону скважины в условиях аллювиальных грунтов различной порозности и было выяснено, что при откачках имеет место вертикальное движение вод по слабопроницаемым грунтам в сторону сильно проницаемого и по последнему в направлении пласта в сторону скважины. При этом вокруг скважины пьезометрические напоры соответствуют воронке депрессии. В реальных условиях такое угловое движение вод заменяется движением по круто волнистым линиям.

В условиях трещиноватых базальтов имеем такую же картину, но в связи с большей подвижностью вод более резко выраженную. Здесь, в условиях подземного озера, вода будет направляться вниз уже не отдельными струйками, как то имеет место выше озера, а сплошной массой и поэтому будет поддерживаться определенный пьезометрический уровень.

Однако при наличии отдельных крупных гнезд дислоцированных базальтов и внутри подземного озера на отдельных его участках могут создаваться безнапорные условия движения «висячих» зон воды.

В условиях аллювиальной долины имеет место весьма медленное движение грунтовых вод и только при откачках появляется воронка депрессии. В условиях базальтов имеем постоянное вертикальное продвижение большого количества воды на значительных участках. Скважины, заложенные в них, на всем протяжении вплоть до ошлакованных базальтов встретят преимущественно вертикальное, параллельное скважине, движение подземных вод, неспособное образовывать воронку депрессии и потому эксплуатационно безводных.

Некоторое подобие этому представляет случай, когда грунтовый поток параллелен реке. Перпендикулярные последней гидроизогипсы говорят о том, что данный участок реки нейтрален по отношению к грунтовому потоку—не дренирует и не отдает свои воды в берега.

Также всем известно, что всегда существует грунтовый поток, параллельно сопровождающий реку, и что дренаж, заложенный вдоль потока, не эффективен.

Все эти случаи говорят о том, что при движении потока параллельно скважине последняя или вовсе не получит воду, или получит ее очень мало, практически скважина будет безводна.

Линия Уджан—Кош—Талыш и далее на запад характерна своими подземными шумами. Это означает, что эта линия находится на полосе слива и верхние зоны скважин по этой линии действительно открыты для воздушных течений, а ниже, вглубь, имеет место вертикальное движение вод.

Видимо, этим объясняется то, что, работая глинистым раствором, буровые мастера встречали воду только в зоне ошлакованных базальтов (Талыш), а при отсутствии ошлакованных базальтов не встречали ее вовсе (Дзитанков).

Что же касается безводной скважины Уджана, то можно отметить, что в то время, как рядом во многих скважинах Талыша ошлакованные базальты имеют мощность в 2—3 м и в одном лишь случае—5 м, в Уджане эта мощность выра-

жается необычной величиной в 11 и 15 м. Это, видимо, указывает на то, что скважина перерезала слои косо, что ошлакованная зона имеет сильное падение и близка к вертикали.

Далее, отметка забоя здесь равна $1090 - 258 = 832$ м, что ниже уровня воды насыщенного водой участка высачивания, расположенного поблизости. Отсутствие даже небольшого поступления воды в забой скважины может служить показателем наличия дефекта в наблюдениях во время бурения.

Часто вода продвигается по контактной зоне без видимого водоупора снизу. В условиях подземного озера такого водоупора и не требуется—вода в свободной просторной зоне ошлакованного контакта не будет иметь стремления просочиться в заметном количестве вниз, так как нижние зоны базальтов имеют трещинки, заполненные водой, и по этим трещинкам вода продвигается вниз медленно, со значительными сопротивлениями.

Так, если предположим, что в водоносных базальтах высверлено трубчатое отверстие, способное по уклону отвести значительную воду, то последняя по всему периметру трубы будет капельно поступать во внутрь отверстия и не будет участка, где трубчатое отверстие при значительной его пропускной способности инфильтровало бы воду обратно в массив базальта.

В вопросе проектирования каптажного сооружения имеет существенное значение определение амплитуд сезонных колебаний уровня подземного озера.

Согласно прежним нашим исчислениям, среднеголетние осадки распределяются по сезонам в следующем виде: (11 табл. 13).

зима—18%	лето—24%
весна—37%	осень—21%.

Вершинная часть массива Арагац имеет высокие отметки, и поэтому значительная часть осадков в весенние месяцы выпадает в виде снега. Фактическое количество зимних осадков для массива в целом равно 720 млн м³ или 33,6% от осадков, а его подземный сток, согласно водному балансу (11 табл. 130), равен 369,1 млн м³. В период дождей, согласно тому же водному балансу, инфильтруется 299 млн м³. Процент инфильтрационных вод за этот период почти не меняется по сезонам (11 стр. 212) и равен 26,7%. Поэтому указанные 299 млн м³ воды распределяются пропорционально «сезонным осадкам, согласно таблице 26.

Сезонное распределение инфильтрационных вод в период дождей

Сезоны	Процент от годовых осадков	Тоже в млн м ³
Весна (18+37-33,6)=	21,4	96
Лето	24,0	108
Осень	21,0	95
Итого	66,4	299

Учитывая, что инфильтрация зимних осадков происходит весной вместе с инфильтрацией от дождевых осадков, получим окончательно график инфильтрации, представленный в таблице 27. При этом учтено, что 38 млн м³ инфильтрационных вод Ленинанканского склона не попадают в подземное озеро, а направляются в р. Ахурия (стр. 57).

Таблица 27

Распределение инфильтрационных вод по сезонам по массиву Арагац

	Инф. воды в р. Ахурия	Инфильт. воды в под. оз. за сезон	Тоже за месяц
Весна и зима	25	440	147
Лето	6	102	34
Осень	7	88	29
Итого	38	630	210

В таблице 33 приведены среднemesячные расходы р. Севджур за многолетие. По этим данным определены среднemesячные значения стока за сезон как для р. Севджур, так и для подземного озера. Последние, согласно предыдущим расчетам, получаются из стоков р. Севджур умножением на коэффициент 1,5.

Таблица 28

Среднemesячные значения стоков р. Севджур и подземного озера в млн м³

Сезоны	Среднemes. сток за сезон р. Севджур	Среднemes. сток подземного озера за сезон
Зима	35	51
Весна	29	44
Лето	37	54
Осень	42	61
Итого		210

Согласно логарифмическому гидрографу, приведенному на рис. 33, сток из подземного озера за зимние и весенние месяцы происходит без пополнения озера новыми поступлениями инфильтрационных вод. С другой стороны, как будет показано ниже, талые и весенние воды, интенсивно инфильтруясь в грунт, достигают истоков р. Севджур в среднем через шесть месяцев. Этот срок приемлем для обычной интенсивной весенней инфильтрации.

Продвижение к истокам р. Севджур инфильтровавшихся летних и осенних осадков будет происходить медленнее в силу незначительности размера инфильтрации.

Имея в виду, что количество осенних осадков на Арагаце не превышает количества летних осадков, приемлем, что инфильтрация и продвижение к истокам р. Севджур летних и осенних инфильтрационных вод требует вдвое большего времени, именно, 12 месяцев, хотя для осенней инфильтрации можно было бы принять несколько меньший срок. Однако, не надо забывать, что осенних дождей на Арагаце даже несколько меньше, чем летних (таблица 26).

Ниже на рис. 38 представлен график стока реки Севджур и др. родников, питаемых из подземного озера. На том же графике показаны сезоны инфильтраций. Из графика видно, что талые и весенние воды дают интенсивную инфильтрацию. На этой воде поддерживается сток р. Севджур зимой и весной. Эти сезоны не имеют своих инфильтрационных вод (в условиях продолжительной зимы). Летом сток подземного озера поддерживается летней инфильтрацией прошлого года и подпитывается инфильтрационными водами весны. Точно также осенняя инфильтрация прошлого года дополняется из запасов ближайшей весны.

Запас, накапливающийся весной в размере 147 млн м³ за месяц (табл. 27), расходуется зимой в размере 51 млн м³, весной—44 млн м³, летом—20 млн м³ и осенью—32 млн м³, а всего—147 млн м³.

Продолжительность продвижения вод из озера к истокам р. Севджур и вообще к Араратской долине мы считаем равной двум месяцам, учитывая при этом то, что озеро Айгерлич получает воду из подземного озера по кратчайшему пути, а истоки р. Севджур в некоторой доле получают воду по линии Селава-Мастары, где путь для воды вдвое длиннее.

Согласно графику, приведенному в III томе (рис. 36), пик расходов Айгерлича по всем годам сдвинут от пика р. Шахверт, питаемой непосредственно из подземного озера, на 1 месяц. Это и указывает на то, что продолжительность продвижения вод из подземного озера в сторону озера Айгерлич равна 1 месяцу.

Так как основной поток из подземного озера идет к ис-

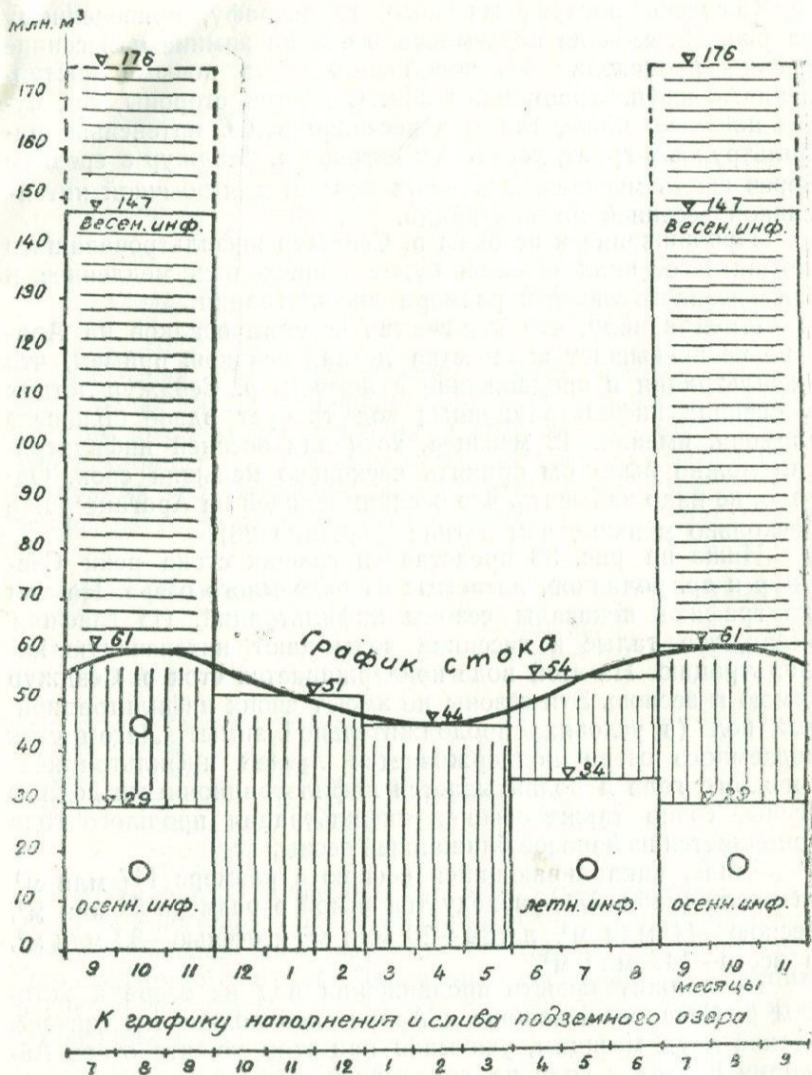


Рис. 38. График стоков р. Севджур и других источников и сезонов инфильтраций с разбежкой в 6 и 12 месяцев. Колонки с горизонтальной штриховкой указывают на накопление, с вертикальной штриховкой — на слив. Кружки указывают на воды предшествовавшего года.

тока р. Севджур, примем условно, что к Араратской долине подступают воды, вытекающие из подземного озера, через два месяца.

Чтобы иметь график наполнения и слива самого подземного озера, мы должны пользоваться тем же графиком

(рис. 38) со сдвижкой абсциссы на два месяца. Эта сдвижка показана на том же графике параллельной шкалой.

Сток из подземного озера в течение зимних и весенних месяцев согласно графику (рис. 38) происходит из запасов озера в размере в среднем за многолетие

$$3(51+44)=285 \text{ млн. м}^3$$

Эту же величину, но уже для индивидуального 1932/33 г., можем определить по прежней нашей формуле, применяя выведенный выше коэффициент $\frac{28,64}{20} = 1,43$ при фактической продолжительности спада расходов в 7 месяцев:

$$\begin{aligned} S &= \int_{t=0}^{t=7} 1,43 \cdot 18,27 \cdot 2,6 \cdot 10^6 e^{-0,12t} dt = \int 68 \cdot 10^6 e^{-0,12t} dt = \\ &= -\frac{68}{0,12} 10^6 e^{-0,12t} + C = 566 \cdot 10^6 (1 - e^{-0,12 \cdot 7}) = \\ &= 566 \cdot 10^6 (1 - 0,43) = 322 \text{ млн м}^3. \end{aligned}$$

Учитывая, что сливной участок слабо участвует в инфильтрации атмосферных осадков и что площадь инфильтрации равна площади подземного озера в 1200 кв. км, при трещиноватости лавы в 1% получим среднюю высоту активного слоя водонасыщенной лавы в размере

$$\frac{3(176-61) \cdot 10^7}{1200 \cdot 10^6 \cdot 0,01} = 30 \text{ м}$$

с максимумом в условиях конической формы водонасыщенной части лавы $30 \times 3 = 90$ м.

Если трещиноватость лавы примем в 2%, получим уже не 90, а 45 м.

Выше нами было принято, что для продвижения пиковых инфильтрационных вод при весеннем таянии снегов до истоков р. Севджур требуется в среднем шесть месяцев. Это можно подтвердить следующим образом.

Наступление весны в пределах массива Арагац с гидрологической точки зрения можно проследить по гидрографу р. Касах.

Если наложить на один общий лист гидрограф Касаха по посту Аштарак и гидрограф р. Севджур по посту Зейва (табл. 29), то заметим, что весенние пики р. Севджур сдвинуты в общем на 5—7 месяцев; это и подтверждает, что инфильтрующейся весной атмосферной воде необходимо почти полгода, чтобы получить выход в истоках р. Севджур.

Средняя скорость самого продвижения, включая и вер-

тикальное перемещение инфильтровавшейся воды, при длине пути в 30 км будет равна

$$\frac{30 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{6 \cdot 2,6 \cdot 10^6} = 2 \text{ мм в сек.}$$

Отметим при этом, что в те годы, когда на Касахе имеем весною весьма резкий пик паводка, на р. Севджур осенью, в зависимости от водности года отмечается заметно низкий пик и наоборот. Это можно проследить на нижеприведенной таблице гидрографа р. Севджур.

Таблица 29

Разбежка во времени между максимальными среднедекадными расходами
Касах—Аштарак и Севджур—Зейва

Годы	Касах		Севджур		Интервал в месяцах
	декады	расходы	декады	расходы	
1	2	3	4	5	6
1929	IV—2	35,5	X—1	18,2	5,7
30	IV—3	5,7	X—1	21,6	5,3
31	IV—2	23,3	IX—1	18,1	4,7
32	IV—2	37,0	IX—1	21,4	4,7
33	IV—3	44,2	XI—3	18,2	7,0
34	IV—2	15,5	X—1	24,4	6,0
35	IV—2	27,0	XI—2	18,2	7,0
36	IV—2	17,9	IX—3	21,6	5,3
42	IV—1	69,2	X—1	27,0	6,0
45	IV—2	22,6	X—1	26,8	5,7
46	IV—2	25,5	X—3	26,1	6,3
47	IV—1	12,0	IX—1	26,1	5,0
48	IV—2	31,8	XI—2	21,4	7,0
50	IV—2	38,2	XI—3	24,0	7,3
51	III—3	19,5	X—2	25,6	6,7
52	IV—1	69,3	XII—2	26,8	8,3
53	IV—2	48,5	IX—3	24,8	5,3
54	IV—2	35,8	XII—3	23,9	8,3
55	IV—1	14,3	XI—3	28,1	7,7
56	IV—2	46,1	XI—3	24,1	7,3
57	IV—2	21,6	X—2	25,0	6,0
58	IV—1	9,8	Осуществлен вывод на орошение		
Среднее		31,4		23,4	6,3

Таблица 29 разрешает делать заключение, что в те годы, когда таяние снегов происходит весьма интенсивно, в течение почти одной декады (как это было в 1933 и 1935 гг.) имеет место, очевидно, также интенсивный поверхностный сток и соответственное уменьшение количества подземного стока. Поэтому малая по количеству инфильтрация воды дает слабый подъем осенью на Севджуре, и в условиях малой инфильтрации не обеспечивается быстрое продвижение воды. В годы, подобные 1933 и 1935, отмечается 7-месячный срок продвижения воды к истокам Севджура.

СЛИВНОЙ УЧАСТОК И УЧАСТОК ВЫСАЧИВАНИЯ

Сливной участок и участок высачивания играют существенную роль в жизни подземного озера. Если атмосферные осадки инфильтруются в основном на поверхность подземного озера, то роль сливного участка заключается в транспорте этих вод к выходу, а участок высачивания принимает эту воду от сливного участка и обеспечивает ее легкий выход наружу.

Еще во II томе «Подземных вод» было показано, что участок, примыкающий к озеру Айгерлич и к истокам р. Севджур, отличается значительной водоотдачей благодаря большой порозности грунтов на этом участке, достигающей 13%, при которой создаются весьма благоприятные условия для вывода воды. Как будет ниже показано, гидроизогипсы этого участка, начинаясь отметкой 845 м, имеют крайнюю гидроизогипсу 850 м, охватывая при этом сравнительно небольшую площадь в 300 кв. км. В противоположность этому, сливной участок обладает значительно меньшей водоотдачей, уступающей и водоотдаче лав территории самого озера.

Появление сливного участка на южной стороне подземного озера объясняется, главным образом, наличием здесь участка высачивания.

Если участок высачивания, своим происхождением обязанный кизилам, был бы смещен в сторону, то и сливной участок также получил бы соответствующее смещение.

Выше мы привели схематическую карту участка слива (рис. 25). Она дает распределение туфов и лав на этом участке. Эта карта и разрезы скважин, заложенных близ этого участка, говорят о значительных туфовых толщах, характерных для этого участка. А ведь туфовые массивы являются водоупорными, их трещины весьма малы и в процентном отношении к общей массе выражаются весьма малой величиной.

Неравномерное распределение туфов в пределах сливно-

го участка как в плане, так и в разрезах делает движение вод на сливном участке не сплошным, а по извилистым путям.

Для сливного участка на запад от Айгерлича можно предположить и более сложные условия. Так, можно считать, что первоначально воды спускались с горы в долину каскадно по тектоническим сбросам и трещинам лав основного вулкана. В четвертичное время на полосе современных кизиллов эти лавы покрылись туфами и перекрывшими последние позднечетвертичными андезито-базальтами.

Вулканический прогиб, вызванный извержениями туфов и лав, опускает широкой полосой туфовый покров и заставляет подземные воды проходить этот участок сифоном, в связи с чем создается здесь напорный режим, возможно, не во всех местах одинаково выдержанный.

Такому предположению благоприятствуют наличие грифонов в местах выхода родников и выклинивание туфов на полосе вдоль выхода родников Айгерлича и Севджура.

Так, мощность покровных туфов, на нижнем крыле сифона, на самом берегу Айгерлича равна 7 м, с кровлей на глубине 10 м. Несколько выше в скважине № 49 на глубине 33 м она равна уже 15 м. Ниже выхода родников туфов нет.

Верхнее же крыло покровных туфов имеет отметки на несколько сот метров выше нижнего.

Отметим, что на соседнем участке Базмахпюра имеем идентичные условия—напор, созданный покровными туфами, но масштаб явления тут небольшой.

И не только наличие туфов осложняет движение вод на этом участке, последний характерен и наличием пемзы, еще более осложняющим и без того сложные пути продвижения вод на сливном участке. Для выяснения этого обстоятельства рассмотрим особенности тектоники массива Арагац и, в частности, сливного участка.

В одной из наших работ (13) была выявлена закономерность в расположении крупных и мелких экструзий и показано, что линия экструзий составляет одну из основных линий ореола затухания каждого вулкана.

Линия экструзий соединяет вулканы, состоящие из лаваритов, обсидианов и пемзы. На Арагаце, кроме основного вулкана, имеются крупные паразитические вулканы, к которым относятся Арагац-вершина и гора Чингиль. На рис. 39 показано их плановое расположение. Кроме этих, наиболее крупных, имеются и меньшего размера паразитические вулканы, которые мы не будем рассматривать, считая условно их влияние небольшим.

В указанной выше работе дается обоснование наличия сброса по линии экструзий.

На рис. 39 показана линия экструзий для основного Арагаца в виде окружности большого радиуса, описанной из вершины основного Арагаца и проходящей через вершину горы Аралер, а также через пемзы Мусаеляна (Капанак).

Известно, что Б. Артени представлен липаритами, обсидианами и белыми пемзами. Этими же породами сложены и окрестности сел Арег (Пирмалак) и Сабунчи (3); гора Аралер в вершинной части также сложена липаритами (15), а в основании—пемзами (3). Мусаелянские пемзы липаритовой магмы описаны П. И. Лебедевым (6). Кроме этих участков, на большом круге ошупаны пемзы и в скважине в Мугни.

Вторая окружность (рис. 39) проведена из Арагаца-вершины, охватывает пятна пемзы, описанные П. И. Лебедевым, а именно: Пемзашен (Махмунджук), М. Артени (М. Богутлу), Бергелю, Ахджакала, Базмахпюр (Такия), Голгат, Уши (скважина), Норашен (Апаранский район) (6).

Третья окружность проведена из вершины горы Чингиль и охватывает пемзовые пятна: Кизиль-лягам (6), Калача (7), Артаван (Каракилиса) (7), Зовуни (Моллакасум) (7), Кучак (7), Касах (Чемурлу) (7), Варденис (Гулюджа), Мульки, Апаран (7).

Пемзовые пятна на участках Кучак—Касах—Варденис—Мульки—Апаран расположены в стороне от линии окружности (рис. 39), но эти пятна располагаются на речных террасах и являются в основном переотложениями.

Следует отметить, что на второй и первой окружностях на южном участке могут быть крупные пемзовые пятна, но они в настоящем скрыты и могут быть обнаружены лишь скважинами. Наличие их здесь может еще больше осложнить пути движения подземных вод на сливном участке.

Все указанные три окружности (рис. 39) смыкаются на СВ на линии горы Дамлик—сел. Чкнах (Самадарвиш), при этом гора Дамлик представляет крупную экструзию (3).

Между первой и второй окружностями имеются пемзы в Кизилдаге (у с. Маралик) (6), а между второй и третьей—в Аппагехе (7).

Кроме указанных участков, пемзы ошупаны в скважинах (рис. 39) МТС Аштарак с отметкой кровли в 1147 м, мощностью в 21 м, Егварде 1222 м и мощностью в 42 м, в Уши с отметкой 1217 м, мощностью в 22 м. Ниже, на линии Спандарян—Херес—Агарак и южнее—в Эчмиадзине, Агавнатуне пемзы, как и следовало ожидать, отсутствуют.

На рис. 39 пемзы восточного склона оконтурены, они располагаются на глубине 100 м под землей и своей поверхностью образуют ложбину по линии р. Касах, открытую к югу. С этой площади инфильтрационные воды направляются

на юг в Араратскую долину в размере $4,34 \text{ м}^3/\text{с}$ (см. т. III «Подземных вод», рис. 107).

На западном склоне Арагаца (рис. 39) показаны пемзовые участки на втором и первом кругах, но эти пятна вряд ли обладают сплошностью. Видимо, они ложатся в виде изолированных крупных пятен и в прогалах сбрасывают поступающие с верхних участков подземные воды на участки с низкими отметками, питая родники: Сарнахпюр, Агакчи, Кармрашен, Акунк и др.

Следует особо подчеркнуть, что первая большая окружность экстрוזий рождена крупным основным вулканом Арагац и на ней кроме пемзы имеем и липариты; на остальных двух кругах от паразитических вулканов Арагац-вершина и Чингиль уже не встречаются экстрозии в виде липаритовой лавы, а всего лишь в виде пемзы.

Напомним читателю, что еще в первом томе «Подземных вод» были показаны концентрические сбросы от вулканической депрессии основного вулкана. Эти сбросы не совпадают с нашими кругами, так как последние появились значительно позже.

Из анализа рис. 39 остается неясным вопрос, является ли случайностью совмещение всех трех кругов на участке Дамлик—Чкнах и почему на этом участке, кроме Дамлика и Чкнаха, нет других интенсивных экстрозий липаритов и пемзы.

Мы придерживаемся мнения, что как пемзы, так и липариты являются водоупорными, быстро подвергающимися кольтации и цементации. Исключение могут составлять лишь пемзовые орешки, но последние, как правило, появляются гнездами в массе пемзовых песков.

Для Мугнинских родников нижним водоупором являются пемзы; для Апаранских и других родников в верховьях р. Касах водоупорами являются также пемзы, и таких примеров можно привести множество.

На рис. 39 стрелками показаны наиболее вероятные направления подземных водных потоков в пределах сливного участка. Эти стрелки поставлены в тех местах, где сбросы, описанные в нашей работе (9), и сбросы экстрозий, приведенные на рис. 39, имеют наинизшие отметки, обуславливающие поступление подземных вод в истоки р. Севджур и в Айгерлич.

Изыскания, предложенные Советом Министров Армянской ССР, еще не закончены Армянским геологическим управлением. Они должны осветить гидрогеологию подземного озера и сливного участка в основном на западной стороне. Восточная же сторона имеет достаточное число точек, при-

котором приток воды в озеро в точности будет равен стоку из озера. Положение не меняется, если рассматривать более реальный случай переменного в течение года поступления инфильтровавшихся вод на поверхность озера.

Гидравлика этого явления такова, что между участком высачивания и водами, скопляющимися в подземном озере, имеет место не прямолинейный гидравлический уклон, а криволинейный по параболической кривой.

Если мы в качестве первого приближения рассмотрим случай сливного участка с горизонтальным непроницаемым дном, то уравнение параболы будет по формуле (14)

$$y^2 = q^2 + 2qx,$$

где q —расход воды на единицу ширины сливного участка при $K=1$.

Для определения параметров этой кривой в нашем распоряжении имеются реальные точки, а именно: 1) Назырван—1170 м (точка 85), 2) Агарак—1092 м (точка 18), 3) Агавнатун—902 м (точка 27), 4) Аршалуйс—848 м (точка 30) и 5) Айгерлич—845 м (точка 35). Определим кривую по Назырвану и Агавнатуну.

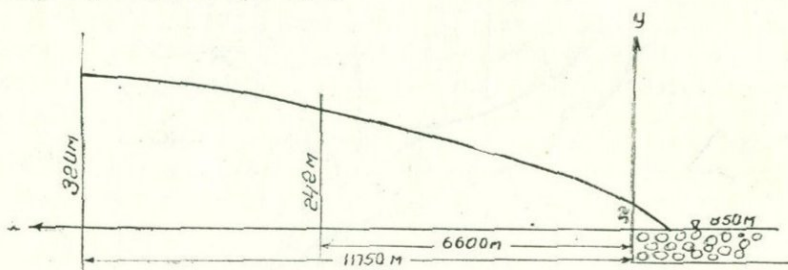


Рис. 40. Кривая слива

$$\begin{aligned} 1) \quad 320^2 &= q^2 + 2q(11750 - x) \\ 2) \quad 52^2 &= q^2 - 2qx \end{aligned} \quad \left\| \begin{aligned} q &= 4,24 \text{ м} \\ x &= -317 \text{ м} \end{aligned} \right.$$

Проверим полученную кривую по Агараку

$$242^2 = 4,24^2 + 2 \cdot 4,24 (6600 + 317);$$

или $242 = \sqrt{18 + 8,48 \cdot 6917} = \sqrt{58674} = 242 \text{ м с отметкой}$

$$242 + 850 = 1092 \text{ м}.$$

Расчет показывает, что все указанные выше точки лежат на кривой, удовлетворяющей уравнению, приведенному выше.

В последнем уравнении предполагается q приведенное при $K=1$. Фактический расход $q_a = Kq$ или

$$K = \frac{q_a}{q}$$

Поверхность воды, определенная приведенным выше уравнением, нарушается имеющимися в пределах сливного участка тектоническими сбросами.

На рис. 39 большая окружность экстрезий перерезает сливной участок посередине полосы между двумя вершинами Кизилов; имеются и другие окружности меньшего радиуса, показанные на том же рисунке 39. На рис. 17 пунктиром показаны сбросы Арагаца; они располагаются также выше сливного участка.

Все эти сбросы имеют одну общую характерную черту: наименьшая гипсометрическая отметка их приходится на меридиане истоков р. Севджур. Являясь удобными транспортными артериями для подземных вод, эти сбросы аккумулируют подземные воды и, как было сказано выше, сбрасывают их каскадом с круга на круг к истокам Севджура по меридиональной полосе последнего.

Примем для всего сливного участка среднесекундный расход равным $\frac{630 \cdot 10^6}{31 \cdot 10^6} = 20 \text{ м}^3/\text{с}$.

Длина сливного участка, согласно рис. 19, между горой Артени и р. Касах равна 50 км. Поэтому средний коэффициент фильтрации здесь будет

$$K = \frac{20 \cdot 10^6}{50000 \cdot 160 \cdot 4,24 \cdot 100 \cdot 100} = 0,94 \cdot 10^{-4} \text{ см/сек.}$$

Здесь мы рассматривали случай с горизонтальным непроницаемым дном на отметке 850 м, на самом же деле нет такого дна, поэтому изопотенциалы не обрываются на горизонтальной линии, а идут вниз, увеличивая площадь их. Это обстоятельство уменьшает величину K почти вдвое, доводя ее до $K = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ см/сек.}$

В реальных условиях на сливном участке имеем туфы, а также андезитобазальты (рис. 25). Ломизе Г. М. приводит для андезитобазальтовых лав Армении показатели коэффициента фильтрации в размере $4,11 \cdot 10^{-3}$ и $5,7 \cdot 10^{-3}$, указывая одновременно на значительный диапазон их в реальных условиях, для туфов $6,4 \cdot 10^{-4} \div 4,8 \cdot 10^{-5} \div 1,62 \cdot 10^{-6}$.

Полученное значение коэффициента фильтрации, отра-

жающее среднее значение этого коэффициента для туфов и базальтов сливного участка, не отличается от его действительной величины и оправдывает 350 м перепад на сливном участке.

Отметим при этом, что коэффициент фильтрации лав самого озера больше. Действительно, если предположить, что подземное озеро является по существу прямым продолжением участка слива, мы получили бы для крайней точки, расположенной на расстоянии 46,5 км от начала координат, ординату y из уравнения

$$y^2 = q^2 + 2qx; \quad q = 4,24; \quad x = 46500 \text{ м.}$$

$$y = \sqrt{4,24^2 + 2 \cdot 4,24 \cdot 46500} = 628 \text{ м}$$

или отметку $H = 850 + 628 = 1478 \text{ м.}$

Но наблюдения показывают, что крайняя отметка должна быть принята около 1250 м, т. е. на 228 м ниже (скв. в Дзитанкове). Отсюда следует, что величина K для сливного участка меньше по сравнению с K самого подземного озера, и, действительно, карта (рис. 25) сливного участка указывает на значительное развитие туфовых пород, оказывающих повышенное сопротивление продвижению воды.

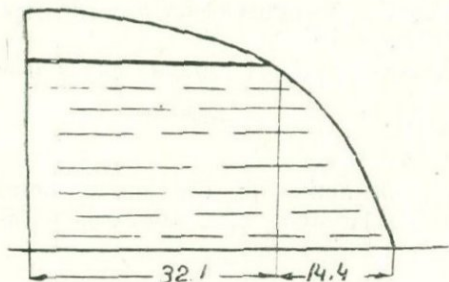


Рис. 41. Схема, устанавливающая относительно высокий коэффициент фильтрации для лав подземного озера.

Не следует также упускать из виду, что, как показывает геологическое изучение этого участка (3, 6), на линии кизилов и бурунов, окаймляющих, хотя и не сплошь, всю южную оконечность подземного озера, располагаются трещинные излияния, которые прорезали более ранние излияния лав и образовали сплошную стену туфовых пород с глубоким заложением. Эти трещинные излияния обычно имеют значительную ширину, измеряемую порой километрами, и могут оказать ощутительный местный подпор движению подземных вод. Как было отмечено выше, трещинные излияния кизилов имеют в плане прогалы, и сквозь них легче просачиваются воды в пределы сливного участка.

Средний коэффициент фильтрации для сливного участка мы получили в размере $K = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ см/сек.}$

Средний коэффициент фильтрации для участка высачивания был получен ранее (том II «Подземных вод», стр. 97), он имел величину $K=0,0022 \text{ м/сек.}=0,22 \text{ см/сек.}=2200 \cdot 10^{-4} \text{ см/сек.}$, что превышает коэффициент фильтрации сливного участка более чем в 4000 раз. Такое положение вполне оправдывает роль нижнего участка, как участка высачивания.

Значительную порозность этот участок получил благодаря наличию здесь андезитобазальтов, трещинных излияний кизилов нижнего яруса. Последние прорваны и в районе озера Айгерлич и в Агавнатуне.

На основании геологических данных эти андезитобазальты охватили весь район, примыкающий к истокам р. Севджур (3).

Достаточно взглянуть на гидрографы р. Севджур-Зейва и Айгерлича в естественных условиях последнего, чтобы обнаружить поразительный факт: в то время как р. Севджур дает свой пик осенью, а минимум зимою, на Айгерличе мы видим иную картину—пик зимою и в раннюю весну (январь—апрель), а минимум летом.

Это тем более удивительно, что Айгерлич и р. Севджур имеют общую воронку депрессии.

Предположение, что подземное озеро в истоках Севджура у Айгерлича имеет погребенную лавами меридиональную гряду из водоупорных пород, делящую его на две части с питанием одной части со стороны западного склона Арагаца, а другой—с восточного, не соответствует действительности, так как скважина глубиной в 130 м, заложенная на берегу Айгерлича, не показала никакой гряды.

Отвергая все аналогичного рода предположения, мы считаем, что причиной этому обстоятельству являются колебания грунтовых вод смежной аллювиальной долины р. Касах.

Берега р. Севджур в истоках ее против поста Зейва и выше его сильно болотисты, часто здесь грунтовые воды выступают на дневную поверхность. Режим этих болот таков, что осенью ходить по ним невозможно, а весной здесь открываются дороги и тропы. Таким образом, режим болот весьма согласуется с режимом р. Севджур в истоках.

С другой стороны грунтовые воды в пределах конуса выноса р. Касах сопрягаются с водами указанных болот, расположенных в пределах концевой части долины Касаха.

Очевидно, колебания уровня грунтовых вод в пределах болот будут практически незначительны, в то время как выше по долине, на высоте сел: Айтаг, Ахджакала, Грампа эти колебания доходят до 3—4 метров и более (см. Ведомость колебания уровня грунтовых вод в долине Касаха, том X стр. 154).

При этом графики колебаний уровней грунтовых вод долины отражают весенний подъем грунтовых вод, начинающийся в мае месяце, обычно сливающийся с летним, что находится в зависимости от наличия тут летом обильных оросительных вод.

Если учтем, что горизонты участка высачивания близ истоков Севджура по существу не могут давать резких колебаний, а грунтовые воды аллювиальной долины Касаха имеют резкие колебания, доходящие до 3—4 м, и при этом все же сопрягаются с первыми, мы получаем гидроизогипсы подземного озера, то сопрягающиеся с верхней гидроизогипсой долины, то с той же гидроизогипсой, смещенной вниз.

В первом случае динамическая ось грунтового потока отходит по плану вправо, во втором случае—отжимается влево.

Поясним нашу мысль.

Замеры уровней грунтовых вод в пределах Ахджакалы и Айтага, выполненные Институтом геологических наук АН Арм. ССР, показали следующие предельные уровни грунтовых вод.

Таблица 30

Максимальные и минимальные горизонты грунтовых вод в абс. отметках

Села	Горизонты	
	миним.	максим.
Ахджакала	884,05	886,05
Айтаг	871,5	874,05

Если по этим данным составить продольный профиль грунтового потока между Ахджакалой и Айтагом, то гидроизогипса, например, 880 м при переходе с максимума стояния вод на минимум переместится вверх по реке к северу на $\frac{1}{2}$ км (рис. 42).

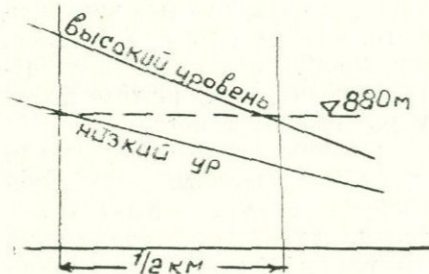


Рис. 42. Горизонтальное перемещение отметки воды в 880 м при переходе от высокого стояния к низкому стоянию грунтовых вод.

Подземный поток, движущийся с севера на юг и обтекающий с обеих сторон Айгерлич, примыкает к

грунтовому потоку, расположенному в пределах аллювиальной долины Касаха.

Весною и летом от подъема уровня грунтовых вод в долине Касаха поток вод, движущийся к Айгерличу, отжимается на запад и поступление воды в озеро в связи с этим уменьшается. Таким образом, повышение уровня грунтовых вод Касахской долины должно сопровождаться соответственным уменьшением поступления воды в озеро. Эта идея может быть иллюстрирована схемой (рис. 43).

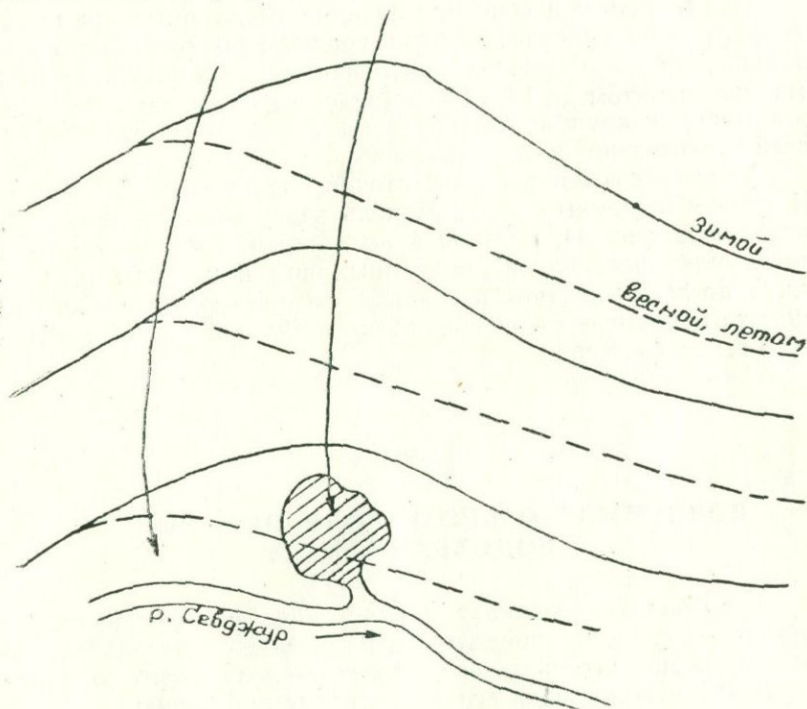


Рис. 43. Смещение основного потока грунтовых вод при переходе от низкого стояния уровня грунтовых вод (зима, ранняя весна) к высокому стоянию (март, июнь).

Сдвигка к северу гидроизогипс в пределах долины Касаха при низком уровне воды, как было указано выше, имеет место на величину, примерно, в 1/2 км, в связи с чем и происходит сдвигка основного Айгерличского потока.

Еще в III томе (рис. 41 и стр. 183—184) мы указывали на одинаковый химический состав вод Айгерлича и родников Назырган—Базмахпюра и на самостоятельное родниковое питание Айгерлича.

Возможно, что и здесь в качестве нижнего водоупора участвуют туфы Аралера, сопровождающие подземный поток почти до озера Айгерлич.

Из фотографии, приведенной на стр. 108 II тома, видно, что справа вдоль озера Айгерлич имеется шлаковая гряда (на ней расположено здание насосной станции); сливной участок, располагаясь частью на этой гряде, сопрягается с грунтовыми водами долины в пределах этой гряды, и отжим потока вправо происходит именно в этой гряде.

Отметим, что и основное питание озера Айгерлич имеет место именно со стороны этой гряды. Продвигаясь по ней дальше, мы встречаем у горки Зейва мощные родники с суммарным дебитом до $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$, а внизу, в долине, где кончается эта гряда, вокруг шлаковой горки Зейва, расположены борта значительной интенсивности.

Участок высачивания достаточно подробно рассмотрен во II томе «Подземных вод». Модель этого участка, представленная на рис. 44, построена по данным наблюдений. Она показывает поступление подземных вод к истокам р. Севджур по всему контуру и с запада, и с севера, и с востока; она же показывает сопряжение подземных вод с водами конуса выноса р. Касах.

ГЛАВА VI

ПОДЗЕМНОЕ ОЗЕРО В РОЛИ ПОДЗЕМНОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Естественно возникает вопрос, коль скоро существует подземное озеро в пределах трещиноватых базальтов, то нельзя ли рассматривать его в качестве подземного водохранилища и использовать его по потребному графику.

В связи с этим нас должны интересовать максимальные значения расходов и типы каптажных и вообще водоприемных сооружений для забора нужного количества воды.

Основным вопросом, подлежащим рассмотрению, нужно считать вопрос о возможности получения значительного количества воды в короткие сроки.

В настоящее время р. Севджур в своих истоках дает в среднем $13 \text{ м}^3/\text{с}$ воды и может оросить соответствующую площадь. Весною подкомандные р. Севджур площади легко могут быть орошены из Аракса, но летом расход воды в Араксе сильно падает и возможность орошения этих земель исключается.

При благоприятной эксплуатационной характеристике

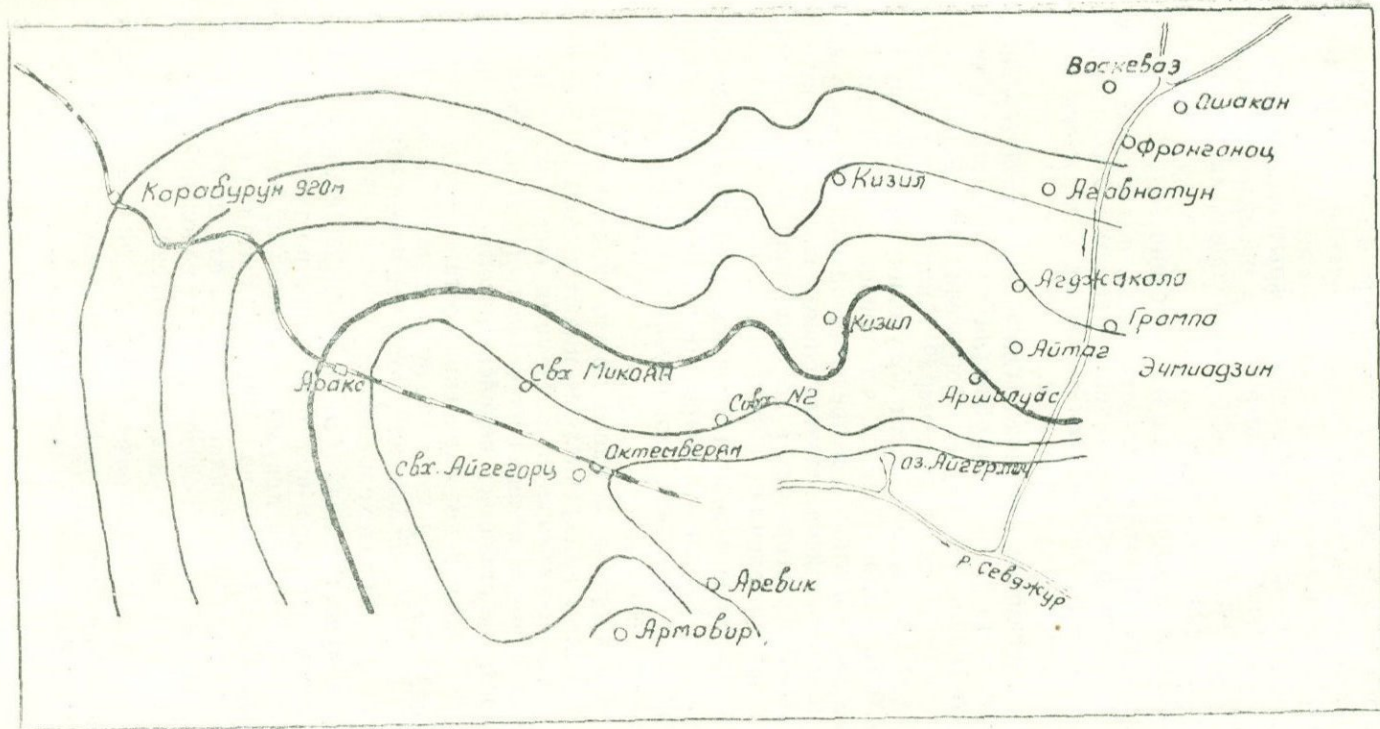


Рис. 44. Южная часть участка слива и участок высачивания. Интервалы между изолиниями для каждого из них соответственно подобраны.

подземного водохранилища можно было бы в условиях одностороннего регулирования значительную часть его годового стока, исчисляемого порядка 500 млн м³, извлечь для целей орошения из водохранилища, покрывши в течение остальной части весенних месяцев потребность орошения в воде из р. Севджур и частично из других источников, как например, из Аракса, Касаха и др.

Но возможна ли подобная эксплуатация водохранилища? Если мы общее годовое количество воды, подлежащей изъятию из подземного водохранилища, примем в 200 млн м³ и распределим его равномерным током на семь месяцев, получим средний расход в 10 м³/с.

Возникает вопрос, возможно ли изъятие такого концентрированного расхода? Способны ли трещиноватые породы обеспечить наши каптажные сооружения подобным расходом? Как изменится режим озера? Какие условия должны быть созданы для возможности получения необходимых нам скоростей? Не надо забывать, что вопрос осложняется еще тем, что сама водоотдача в пределах разных участков подземного озера различна, следовательно, разные участки его будут различно реагировать в деле создания потребных нам скоростей продвижения подземных вод.

В полном соответствии и в зависимости от подвижности воды в лавах находится вопрос о характере каптажного сооружения, об отметках его, обуславливающих необходимое его заглубление.

Все эти вопросы и много других подобных вопросов, которых мы здесь не перечисляем, имеют весьма важное значение в деле использования подземных вод, между тем к настоящему времени полевая изученность их слишком мала, да и никогда не ставились вопросы, рассматриваемые ныне.

Все же в дальнейшем изложении постараемся до возможного предела рассмотреть и оценить условия, выявить характер того комплекса явлений, которым будет обусловлена эксплуатация этого водохранилища.

В предыдущих главах был рассмотрен случай естественного стока из озера при отсутствии поступлений. Этот случай был характерен для зимнего периода, когда нет инфильтрации атмосферных вод. При эксплуатации подземного озера в качестве водохранилища этот же случай будет иметь место и в иные сезоны, если откачка из водохранилища будет превышать поступление инфильтрационных вод.

В предыдущем параграфе мы определили вид кривой депрессии в современных условиях, при расходе из озера 20 м³/с. При этом пользовались формулой, по которой дей-

ствительные переменные расходы (q_a) на единицу длины фронта потока равны

$$q_a = Kq.$$

Учитывая, что в условно однородном грунте величина K остается постоянной, можем определить различные значения q при разных расходах q_a , а также соответствующие кривые депрессии при $q_a = 1, 5, 10$ и $20 \text{ м}^3/\text{с}$, для этого в уравнении Н. Н. Павловского надо принять значения модуля q в разных

$$q = \frac{4,24}{20}, \quad \frac{4,24}{4}, \quad \frac{4,24}{2}, \quad \frac{4,24}{1}.$$

Подставив эти величины в уравнение кривой депрессии:

$$y^2 = q^2 + 2qx,$$

получим максимальные ординаты y , представленные в таблице 31 (рис. 45).

Таблица 31

Максимальные ординаты кривой депрессии для сливного участка при разных расходах подземного водохранилища

Расходы $\text{м}^3/\text{с}$	Величина q	Максим. y^2	y	$i = \frac{dy}{dx}$
1	$\frac{4,24}{20}$	4865	70	0,0030
5	$\frac{4,24}{4}$	24256	156	0,0068
10	$\frac{4,24}{2}$	48494	220	0,0096
20	$\frac{4,24}{1}$	102400	320	0,0133

Дополним данные этой таблицы показателями для начальной высоты озера в 1200 м. При этом $y = 1200 - 850 = 350$ м. Величина x_1 для ординаты $y = 350$ м будет

$$x_1 = \frac{y^2 - q^2}{2q} = \frac{350^2 - 4,24^2}{8,48} = 14\,400 \text{ м.}$$

Гидравлический уклон на максимальной ординате определится в качестве первой производной

$$2ydy = 2qdx,$$

откуда

$$\frac{dy}{dx} = \frac{q}{y} = \frac{4,24}{350} = 0,012.$$

По последней формуле определены гидравлические уклоны и для случаев, представленных в таблице 31, они показаны в последней графе таблицы.

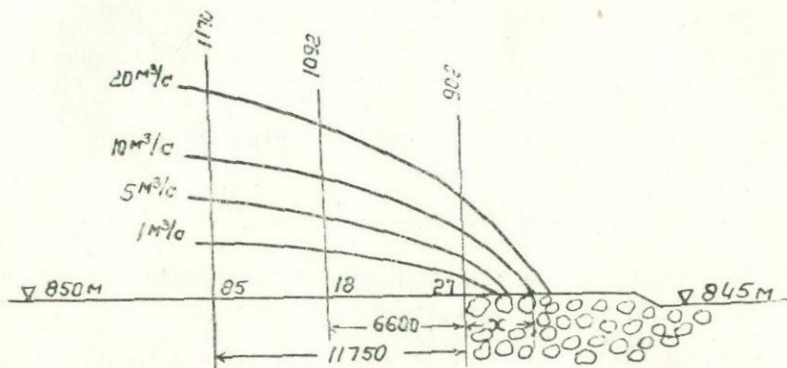


Рис. 45. Кривые депрессии при разных расходах сливного участка.

Еще во II томе «Подземных вод», было показано, что трещиноватая лава оказывает течению воды определенное сопротивление в связи с вязкостью воды, шероховатостью поверхностей трещин, извилистостью путей продвижения воды и пр., поэтому само зарождение движения воды возможно при некотором конечном значении гидравлического уклона (8).

Подземное озеро может рассматриваться как водохранилище годичного саморегулирования. Если год был обилен инфильтрационной водой, то из водохранилища вода будет вытекать обильным потоком.

При откачке воды из водохранилища во время его эксплуатации уровень воды в нем будет снижаться, что вызовет уменьшение потока сквозь сливную призму. Конечно это уменьшение отразится в истоках Севджуря через несколько месяцев.

Положим, откачкой будет выведено из водохранилища за определенный промежуток времени 200 млн м³ воды.

При величине средней эффективной трещиноватости пород, заполняющих подземное водохранилище, в размере 1/2% уровень водохранилища при отсутствии поступлений снизится на величину (х), определяемую из формулы

$$200 \cdot 10^6 = \frac{1200 \cdot x \cdot 10^6 \cdot 0.5}{100} = 6 \cdot 10^6 x$$

или $x = 33$ м и достигнет на участке с отметкой, положим, в 1170 м высоты $1170 - 33 = 1137$ м.

Приведенный расход ($K=1$) при этом определится из формулы

$$(1137-850)^2 = q^2 + 2q \cdot 11750$$

или $q=3,6$, а фактический расход $q_a = 20 \frac{3,60}{4,24} = 17,0 \text{ м}^3/\text{с}$,

т. е. первоначальный расход в $20 \text{ м}^3/\text{с}$ через несколько месяцев уменьшится в связи с откачкой на 15%.

Подземное озеро имеет не покатую поверхность уровня воды, а скорее, если можно так выразиться, волновую (рис. 36). Центральная часть водохранилища, приходящаяся под вершиной горы, имеющей отметку 4000 м, получает из атмосферы и инфильтрует значительно больше атмосферных осадков, чем периферия, расположенная на отметке 1200 м. Поэтому гидравлические уклоны, создающиеся при инфильтрации талых вод, будут значительно большими, чем в зимний период, когда нет инфильтрационных вод. Именно при этих повышенных уклонах и проталкиваются значительные массы подземных вод в сторону сливного участка и далее вниз к истокам р. Севджур.

Ликвидация этого водяного бугра с переходом на естественный уровень водохранилища, меняет и транспортирующую способность водохранилища. Поэтому, если подземное водохранилище, исчерпав запас водяного бугра, не получало бы по какой-либо причине пополнения, то озеро все же продолжало бы, хотя и невысокими темпами, сдавать свою воду, понижая уровень воды.

Поэтому прямолинейный закон для логарифмов расходов при спаде уровня воды водохранилища, показанный на рис. 33, будет иметь излом на том месте, где график расходов достигает нижней кривой графика (рис. 31). Этот излом показан на рис. 33. Так как уравнение нижней кривой получено в виде $Q = 0,75 \cdot 13,3e^{-0,059t}$ и так как на месте излома имеем наблюдаемый расход в размере $7,98 \text{ м}^3/\text{с}$ и его логарифм равен 2,07 (табл. 35), то уравнение прямой линии после точки излома будет $\ln Q = 2,07 - 0,059t$.

Режим подземного водохранилища весьма благоприятен для ирригации. Максимальный уровень воды в водохранилище устанавливается летом (рис. 38), облегчая откачку воды в этот период для оросительных целей.

Положительная сторона режима подземного водохранилища выражается и в том, что одновременный отбор воды в истоках р. Севджур и из подземного водохранилища истощает запасы подземных вод разновременно. Летний отбор воды на верхних отметках отразится дефицитом в истоках Севджура лишь осенью, когда ирригационная потребность

бывает снижена. Эта сторона вопроса имеет существенное значение, так как, как известно, в современных условиях почти вся вода в истоках используется. В течение зимы и ранней весной будут ликвидированы образовавшиеся в связи с откачкой дефициты.

Таким образом, при эксплуатации подземного водохранилища может осуществляться орошение безводных склонов массива Арагац и одновременно поддерживаться действующая ирригация в Араратской долине.

Восточная часть массива Арагац более обильна водой, чем западная. Еще в III томе «Подземных вод» было дано цифровое выражение этому водообилию (рис. 3). Нам представляется, что при этом в восточной части имеет место ощутительная русловая инфильтрация. Выше мы указали на значительную русловую инфильтрацию почти по всему Касаху. К этому надо прибавить такую же большую инфильтрацию по р. Амперт и Архашан. Последняя, несмотря на обилие атмосферных осадков в бассейне, можно сказать, совершенно безводна, лишь короткое время текут по ней талые воды. Русло Архашана представляет как бы решето, поэтому здесь имеет место интенсивная русловая инфильтрация. Однако, обширный туфовый прослой в восточной части массива отвлекает инфильтрационные воды бассейна от непосредственного попадания в подземное водохранилище и дает ряд родников на склоне горы и в каньонах рек. Воды, попавшие в реки, подвергаются вторичной инфильтрации в руслах последних.

Переходя к вопросу о захвате подземных вод, считаем, что каптажные сооружения должны быть осуществлены в виде отдельных насосных колодцев-скважин диаметром до 50 см. Насосы турбинные или пропеллерные. Мотор наверху или в скважине.

Всесоюзное объединение машиноэкспорта (Москва) может поставить, так называемые, артезианские насосы типа АТН с диаметром рабочего колеса в 268 мм.

В нашем случае надо ориентироваться на высоконапорные насосы. Это требование диктуется тем, чтобы иметь возможность отойти подалее от границы туфов, быть в зоне контактов лав и сбросов.

Всесоюзное объединение машиноэкспорта имеет для этого случая насосы АТН—14—16 производительностью в 72,3 л/с при напоре 75 м, мощность мотора 75 квт, КПД—0,65—0,70.

Нам представляется, что путем соответствующих изысканий и исследований надо, как было сказано выше, ощупать полосы геологических сбросов (9) и насосные колодцы закладывать на этих полосах, что обеспечит быстрый и лег-

кий подвод воды к насосам. В этом случае каждый колодец может дать более 500 л/с.

Закладка отдельных колодцев на расстояниях в несколько километров друг от друга значительно облегчит проводящую часть оросительной системы и повысит коэффициент полезного действия системы.

При этом надо отметить, что насосы будут работать без постоянного обслуживающего персонала; работа насосов обычно бывает автоматизирована. Скважины, заложенные в базальтах, не будут засоряться, не будут образовывать, так называемые, пробки.

За последнее время при использовании подземных вод прибегают к закладке не одиночной скважины, а к более сложным мероприятиям, именно, закладывают колодец с бетонной обделкой диаметром $d=3,5$ м, и несколько выше дна закладывают в радиальном направлении несколько горизонтальных скважин (в редких случаях до 12) длиной в 40—50 м, диаметром 146 м/м.

В скалистых породах проходка горизонтальных скважин производится вращательным способом. В США насчитывается до 250 таких установок, причем некоторые из них дают до 1000 л/с воды. Этот метод нашел применение в СССР, а также и в других странах: в Швейцарии, Германии, Италии (17).

Мы не исключаем и закладки штолен, в особенности для орошения земель, расположенных ниже отметки 1200 м.

Для сооружения штолен надо иметь весьма обоснованные данные, на что мы можем рассчитывать лишь после закладки и эксплуатации колодцев и более глубокого изучения вопроса во всех деталях.

В качестве подсобного мероприятия в пределах массива Арагац можно осуществить специальные наземные водохранилища с таким расчетом, чтобы фильтрационные потери из водохранилища могли бы подпитывать подземное водохранилище и даже поднять уровень воды на участке насосных установок. Кольматаж водохранилища с течением времени, конечно, уменьшит эффект инфильтрации, но тем самым и повысится коэффициент полезного действия самого наземного водохранилища. Такова же будет роль и намеченного в генплане Апаранского водохранилища.

В литературе имеются указания, что в США насчитывается 87 установок искусственного питания подземных вод, осуществляемых через скважины после предварительной очистки воды на гравийных и диатомовых фильтрах и хлорирования ее (18).

ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Для придания конкретного характера разработанной теме при определении основных параметров подземного озера и его режима, мы использовали все имеющиеся в республике материалы. Но, как было уже сказано выше, в республике никогда не проводились изыскания по определению ресурсов подземных вод. Лишь одна Кармрашенская скважина была заложена с этой целью, но и та не была доведена до предельной глубины.

Решением Совета Министров Армянской ССР от декабря 1959 года Управлению геологии и охраны недр при Совете Министров Армянской ССР было поручено выполнить в 1960 г. ряд исследований для уточнения параметров подземного озера.

В 1959 и 1961 гг. оно выполнило электроразведочные работы на южном склоне Арагаца, в районе истоков р. Севджур и Айгерлица.

Ниже приводим в сокращенном виде схему изоомов, которая подтверждает наши исследования о том, что поступление вод к истокам Севджура и к Айгерлицу имеет место с севера, с северо-востока, именно, со стороны Агавнатуна и с северо-запада, как то показано на наших рисунках 19 и 39.

Согласно протоколу НТС Управления геологии и охраны недр при СМ Арм. ССР от 7/IV—1962 г. и отчету по работе, схема изоомов может служить основой для проведения дальнейших гидрогеологических работ по изучению зон, благоприятных для скопления вод.

Помимо геофизических работ в районе исследований были заложены также и скважины, выявившие поступление вод в район р. Севджур и Айгерлица.

Нами выполнена обработка данных буровых скважин. На рис. 46 показана уточненная обработкой схема небольшой части участка высачивания, а на рисунках 47 и 48 дана схема пространственного залегания ошлакованной контактной зоны между двумя излияниями лав. Последние являются хорошим подтверждением нашей концепции (см. стр. 89), устанавливающей невысокую степень водоотдачи водоносной базальтовой лавы Арагаца. Согласно данным буровых журналов, подземные воды в пределах сливного участка движутся в основном по контактам ошлакованных базальтов и, несмотря на то, что питание этих контактов водой происходит со стороны вышележащих водоносных ба-

зальтов, последние, согласно буровым журналам, числятся сухими, первая вода появляется в зоне ошлакованных базальтов.

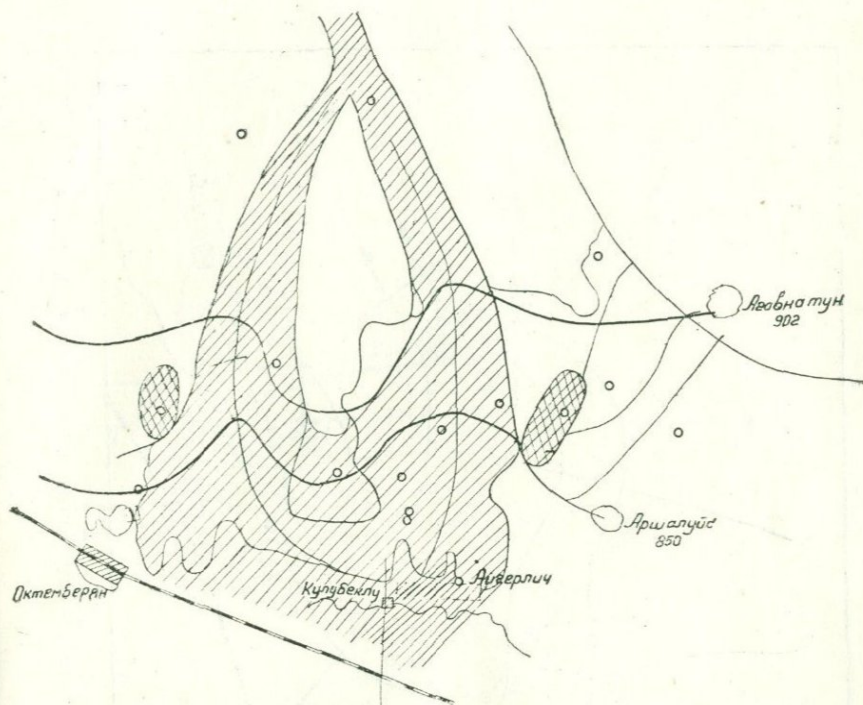


Рис. 46. Сопряжение скатерти вод в пределах участков слива и высачивания, увязанные с данными электроразведки.

На рис. 47 показано множество скважин, и все они без исключения выше ошлакованных базальтов числятся безводными. Эта карта подтверждает также ту мысль, что ошлакованные базальты также могут показаться сухими, если они располагаются в стороне от водотока, что убедительно доказывается разрезами скважин Талыша, Коша, Уджана, а также скважин в пределах темных пятен на рисунке 47.

Имеет существенное значение и то, что рассматриваемый район характеризуется в разрезах скважин не одной, а несколькими зонами ошлакованных базальтов.

Согласно геофизической карте, водоток располагается сравнительно узкой полосой между селениями Талыш и Кош (рис. 49). Изучение результатов геофизических исследований приводит нас к важному заключению, что электроразведочными работами выявляются лишь концентрированные водные

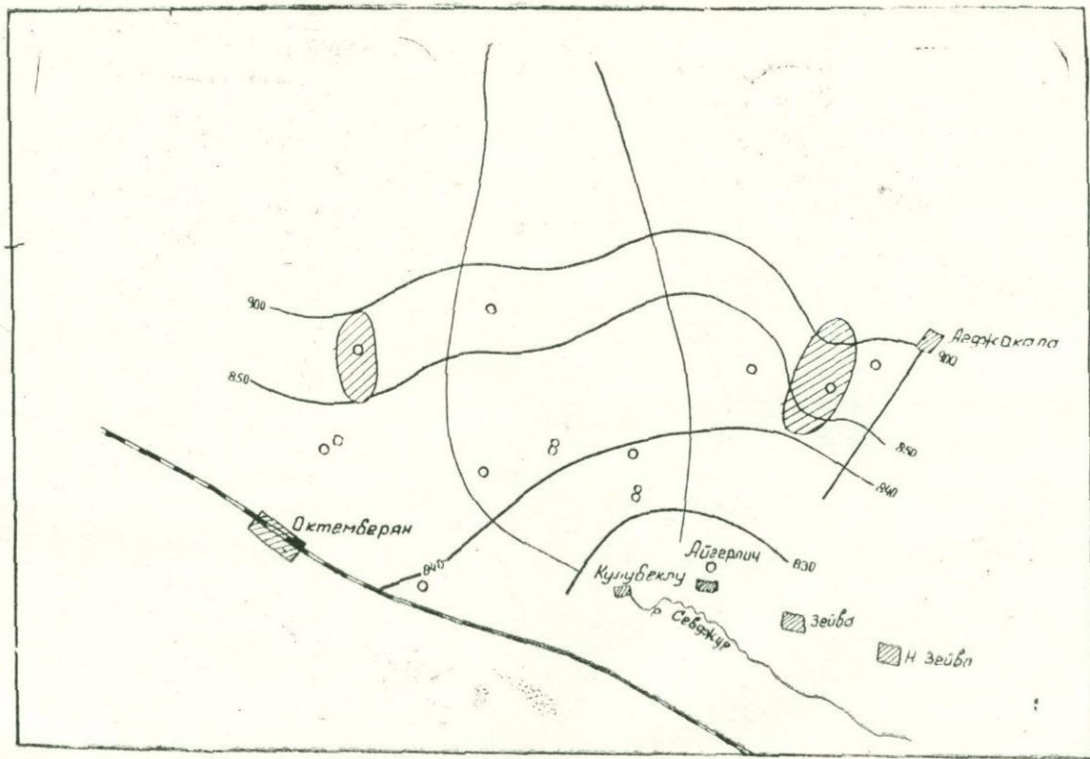


Рис. 47. Пространственное залегание глубинных ошлакованных базальтов.

потоки, воды же в базальтовой лаве не засекаются. Это практически весьма положительное обстоятельство необходимо особо подчеркнуть.

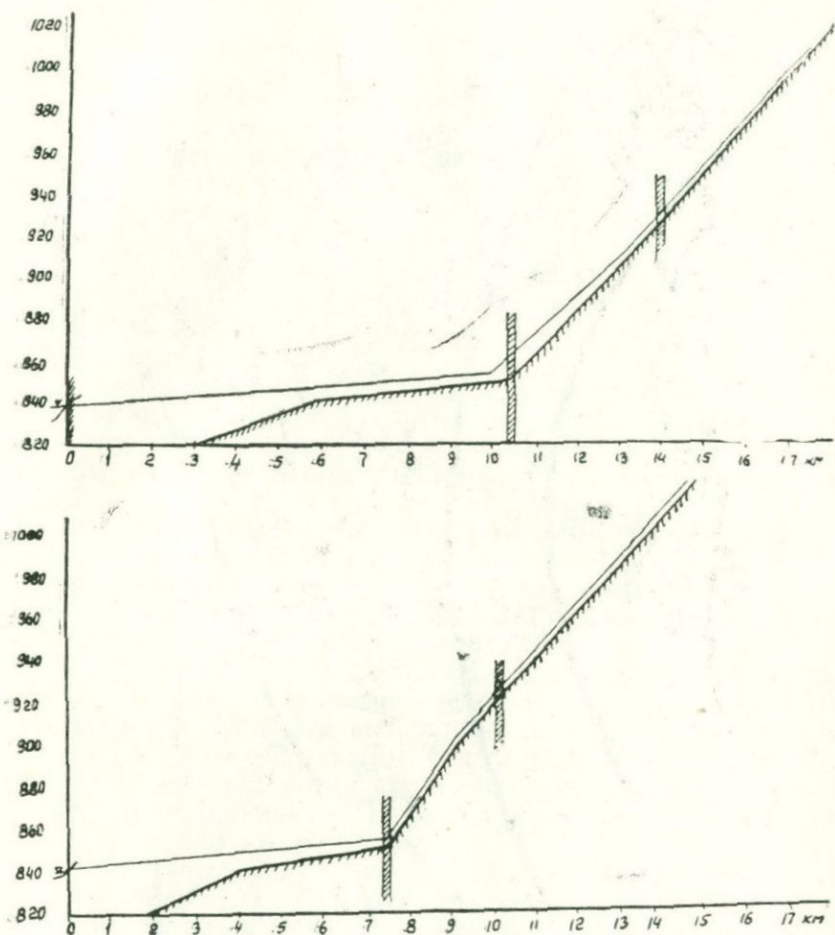


Рис. 48. Поперечники по глубинным ошлакованным базальтам на полосах водных потоков с показанием на них тектонических сбросов. Тектонические смещения и рельеф не показаны.

Примечательно также и то, что плановое расположение водотоков, показанное на схеме изомов, вполне соответствует карте сбросов, аккумулирующих воды и сбрасывающих их на участке с наименьшими отметками в районе Кизиллов. Эти сбросы показаны на том же рисунке 49 и на поперечниках рис. 48.

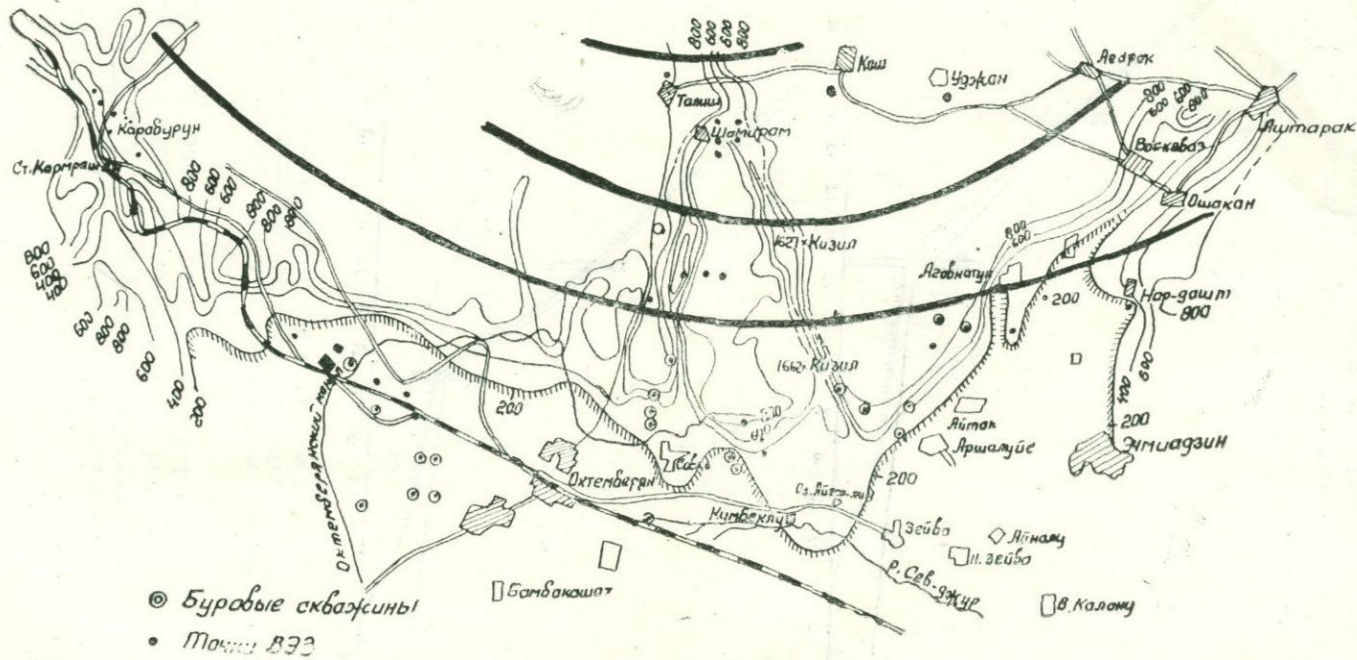


Рис. 49 Схема изоомов с показанием концентрических тектонических сбросов.

Таким образом, приходим к общему заключению, что геофизические и гидрогеологические работы, выполненные до 1963 г., подтвердили наши исследования по подземному Арагацкому озеру.

Однако нельзя считать программу исследований уже выполненной.

Мы считаем, что программа этих изысканий, распределенная на очереди и корректируемая по мере ее выполнения, должна иметь следующее содержание:

1) Считая, что основные водные потоки в пределах массива Арагац должны быть приурочены к тектоническим сбросам, концентрировать все изыскательские работы на сбросах, расположенных концентрическими кругами на массиве в целом и вокруг отдельных паразитических вулканов, считая их плановое расположение, показанное на рисунках 17, 39 и др., достаточно обоснованным.

2) Провести по полосам указанных сбросов по всей их длине и по трассе Селава-Мастары электроразведочные работы и выявить мощность и глубину водотоков, придавая при этом наибольшее значение южному и западному склонам массива.

3) Учитывая, что геофизическими работами 1961 и 1962 гг. выявлены потоки лишь до глубины 40—60 м и что, несомненно, имеются и другие более глубокие водотоки, выполнить на сливном участке дополнительные геофизические работы, охватив значительно большие глубины.

4) Руководствуясь данными геофизических работ, заложить по длине двух нижних сбросов несколько скважин для выяснения глубины и водоотдачи их. Места их закладки должны быть обоснованы геологически с учетом потребности в воде на данном склоне массива. Диаметры скважин должны быть приняты с учетом возможности погружения в них глубинных насосов.

На более верхних сбросах закладка скважин должна быть особо обоснована геофизическими работами.

5) На полосе слива иметь три скважины, доведенные до осадочного водоупора.

6) При откачках из скважин вести установленные наблюдения и провести химические анализы откачиваемых вод.

7) Увязать динамику в расходах Севджура и Айгерлица с размерами и временем откачки из скважин.

8) Провести изыскания и исследования для осуществления новых наземных водохранилищ для искусственного подпитывания подземного водохранилища.

1) Территория, занятая подземными водами Арагаца, состоит из трех участков: подземного озера, участка слива и участка высачивания.

2) Ленинанканский участок отрезан от массива Арагац и составляет самостоятельную гидрогеологическую провинцию.

3) Разрез сливного участка (Айгерлич—Назырван) составлен по реальным точкам: Айгерлич, Аршалуйс, Агабнатурн, Агарак и Назырван.

4) В пределах хорошо изученной долины горизонталь 850 м оконтуривается наличием многих скважин. Остальные горизонталь базируются на разрезе Айгерлич—Назырван (точки 35, 30, 27, 18 и 85) и на зафиксированный уровень воды на ж.-д. станции Кармрашен с отметкой в 920 м. Намеченные гидроизогипсы за р. Ахурян упираются на эоценовый массив Карадага. При этом гидроизогипсы глубиной зоны массива Арагац хорошо увязываются с гидроизогипсой долины в 850 м.

Широтные гидроизогипсы к западу меняют свое направление на меридиональное, что хорошо согласуется с поступлением вод со стороны Алуджи.

5) Окаймленная с юга участком кизилов, а с запада бурунами, водная поверхность подземного водохранилища приобрела весьма малый уклон, что объясняется подпором, создаваемым пемзами и туфами кизилов и бурунов, занявшими значительную часть живого сечения потока.

6) Наивысшие отметки зеркала подземного водохранилища приходятся в пределах 1200—1250 м.

7) Подземное водохранилище с севера ограничивается горизонталью 1250 м древнего рельефа по рис. 17, что под-

тверждается данными скважины в Ахуле (точка 1), достигшей палеорельефа под Арагацем на отметке 1814 м и не встретившей воды.

8) Подземное озеро, подлежащее использованию в качестве подземного водохранилища, является высокогорным. с эксплуатационными отметками уровня 1000—1150 м и более.

9) Подземное озеро по площади не уступает озеру Севан, оно имеет поверхность в 1200 кв. км без включения сливной части и 1800 кв. км со включением сливной части.

10) Подземное озеро (без учета сливной части) дает подземный сток в размере 630 млн м³ (табл. 27), наземный в качестве стока р. Шахверт в размере 38 млн м³ (том III, табл. 57) и дренажа р. Касах 63 млн м³ (в счет 124,8 млн м³—том III, табл. 78), а всего

$$630 + 38 + 63 = 731 \text{ млн. м}^3,$$

что соответствует среднесекундному расходу в 24 м³/с.

11) Для подземного озера даются горизонтالي дна.

12) Отмечается зарегулированность расходов родников Назырван—Базмахпюр, подобная зарегулированности вод оз. Айгерлич, и незарегулированность родников, лежащих выше отметки 1200 м.

13) Весьма убедительными являются гидрологические показатели р. Касах. Прорезая глубоко лавы, река дренирует воды подземного водохранилища лишь между отметками 1100—1200 м, выше и ниже этих отметок река теряет воду. Если уровень водохранилища был бы выше, участок дренажа заметно удлинился бы. В данном случае в пользу принятой схемы говорит не только наличие дренажа на определенном участке реки, но и наличие потерь воды на остальных участках. При этом границы их резко выражены.

14) Трещиноватость лав подземного озера не меньше 1%, эффективная трещиноватость (с раскрытием больше 0,25 м/м) равна 0,4%. Средний коэффициент фильтрации лав $1,1 \cdot 10^{-3}$ см/с.

15) Неравномерная по площади озера интенсивность инфильтрации атмосферных осадков, с максимумом под вершинной зоной массива, создает волновые подземные потоки, движущиеся по поверхности озера в южном направлении в сторону сливного участка. Волны максимальной высоты образуются от инфильтрации весенних дождей и талых вод.

16) В пределах подземного водохранилища движение вод неравномерное. Максимальные скорости приурочены к местам сбросов, правильную картину расположения которых дают бисвулканы Арагаца.

17) Наивысший уровень подземного озера приурочен к летнему времени, наинизший—к ранне-весеннему.

18) Величина расхода подземного озера обуславливается интенсивностью сработки волны и самого озера.

Предложен, в качестве нового, дифференциальный гидрограф, который дает возможность для любого момента определять расходы реки Севджур, полученные от сработки волны и отдельно от сработки самого подземного озера.

19) Обосновано разделение расходов подземного озера на устойчивые и неустойчивые. Последние характерны в водообильные годы.

20) Составлены логарифмические гидрографы, освещающие вопрос сезонов питания озера инфильтрационными водами.

21) Сливной участок подземного озера имеет площадь 600 кв. км. Даны кривые расхода по сливу воды из озера. Средний коэффициент фильтрации для сливного участка $K=0,5 \cdot 10^{-4}$ см/сек.

22) Сливная призма подземного озера равна $1,5 \text{ км}^3$. В реальных условиях сливается лишь незначительная доля этой призмы.

23) Дана динамика горизонта сливного участка при сработке воды подземного озера.

24) Участок высачивания имеет площадь 300 кв. км. Средний коэффициент фильтрации базальтов $220 \cdot 10^{-3}$ см/сек.

25) Даны гидрологические показатели р. Севджур в истоках и озера Айгерлич.

26) Намечены места для закладки колодцев и даны характеристики насосов для откачки.

ПРИЛОЖЕНИЯ

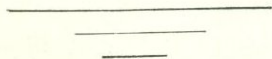


Таблица 32

Среднемесячные расходы р. Севджура в истоках оз. Айгерлич и их отношение к среднемноголетним расходам

Годы, месяцы	Естеств. расходы Айгерлича	К Айгерлича	Расходы Севджура в истоках	К Севджура	Полный расход Севджура
1	2	3	4	5	6
1931					
2	1,65	0,63	17,05	1,27	18,70
3	1,96	0,75	16,04	1,12	18,0
4	2,19	0,84	13,81	(1,03)	16,0
5	2,15	0,83	13,85	1,03	16,0
6	1,76	0,68	14,74	1,10	16,5
7	1,55	0,60	15,75	1,18	17,3
8	1,63	0,62	16,37	1,23	18,0
9	1,70	0,65	15,80	1,18	17,5
10	1,59	0,61	15,31	1,15	16,9
11	1,71	0,66	15,79	(1,18)	17,5
12	2,05	0,79	13,65	1,02	15,7
1932					
1	2,31	0,89	12,79	0,95	15,10
2	2,67	1,02	12,73	(0,95)	15,40
3	2,87	1,10	11,13	0,85	14,00
4	2,75	1,06	11,25	(0,86)	14,00
5	2,53	0,97	11,47	(0,85)	14,00
6	2,00	0,77	14,0	1,05	16,00
7	1,77	0,68	16,63	1,25	18,40
8	2,04	0,79	17,36	1,29	19,40
9	2,33	0,90	18,27	1,27	20,60
10	2,03	0,78	16,77	1,25	18,80
11	2,35	0,90	14,95	1,11	17,30
12	3,85	(1,48)	11,85	0,89	15,70
1933					
1	3,90	1,50	10,70	0,80	14,60
2	3,90	(1,50)	10,30	0,77	14,20
3	3,99	1,53	8,71	0,65	12,70
4	4,22	1,62	7,98	0,60	12,20
5	3,00	1,15	9,0	0,67	12,00

1	2	3	4	5	6
6	3,38	1,30	9,92	0,74	13,80
7	2,53	0,97	10,17	(0,76)	12,70
8	2,53	(0,97)	10,17	(0,76)	12,70
9	2,63	1,01	12,00	0,90	14,60
10	2,87	1,10	13,35	1,00	16,20
11	2,76	1,06	14,24	0,94	17,00
12	2,76	(1,06)	15,04	1,07	17,80
1934					
1	3,20	1,23	12,70	0,96	15,90
2	3,05	1,18	13,45	1,0	16,50
3	3,03	1,17	12,0	0,90	15,00
4	3,29	1,26	10,71	0,80	14,00
5	3,01	1,16	11,39	0,85	14,40
6	2,64	1,02	12,36	0,91	15,00
7	2,25	0,87	13,75	1,03	16,00
8	2,23	(0,87)	13,87	(1,03)	16,10
9	2,73	1,05	17,37	1,30	20,10
10	2,79	1,08	20,71	1,55	23,50
11	2,80	(1,08)	17,20	1,29	20,00
12	2,86	1,10	14,84	1,11	17,70
1935					
1	2,88	1,10	11,32	0,85	14,20
2	3,10	1,19	10,30	0,77	13,40
3	3,23	1,24	9,77	0,73	13,00
4	3,07	1,18	9,33	(0,70)	12,40
5	2,71	1,04	10,29	0,77	13,00
6	2,04	0,79	10,96	0,82	13,00
7	2,05	(0,79)	13,25	1,0	15,30
8	2,11	0,81	13,29	(1,0)	15,40
9	2,34	0,90	13,06	(0,98)	15,40
10	2,32	(0,89)	14,28	1,06	16,60
11	2,40	0,92	14,80	1,11	17,20
12	2,88	1,10	13,42	1,0	16,30
Средн.	2,60		13,30		

Примечание. 1) Средний многолетний расход Айгерлица—2,60 м³/с; средний многолетний расход Севджур в истоках—13,3 м³/с.

2. Цифры в скобках—повторяющиеся цифры, пропускаемые на графиках (рис. 30, 31).

3. По Айгерлицу имеются полные наблюдения лишь за 1931—1935 гг. Графики естественных расходов см. том II, приложение.

4. Расходы р. Севджур показаны за вычетом поверхностного стока в размере $7+33,3=40,3$ млн м³ (том III табл. 79) или $\frac{40,3}{2,62}=15,5$ м³/с в месяц, за время март—июнь.

СЕВДЖУР—ЗЕЙВА

Таблица 33

Среднемесячные расходы и отношение их к среднемноголетнему расходу
в 20 м³/с

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Среднемесячные расходы											
1929	14,6	13,6	12,0	12,0	13,0	14,0	16,1	15,9	16,6	17,1	16,6	16,4
1930	14,8	13,6	13,0	13,0	13,0	15,0	15,9	18,5	20,3	19,6	18,7	19,6
1931	18,7	18,7	18,0	16,0	16,0	16,5	17,3	18,0	17,5	16,9	17,5	15,7
1932	15,1	15,4	14,0	14,0	14,0	16,0	18,4	19,4	20,6	18,8	17,3	15,7
1933	14,6	14,2	12,7	12,2	12,0	13,8	12,7	12,7	14,6	16,2	17,0	17,8
1934	15,9	16,5	15,0	14,0	14,4	15,0	16,0	16,1	20,1	23,5	20,0	17,7
1935	14,2	13,4	13,0	12,4	13,0	13,0	15,3	15,4	15,4	16,6	17,2	16,3
1936	15,6	16,7	18,0	17,0	17,0	16,0	17,2	19,0	20,6	—	—	18,2
1937	15,1	16,7	14,0	—	14,0	—	20,9	21,4	21,3	21,8	21,8	20,0
1942	22,4	23,4	20,3	15,2	17,4	19,6	20,4	20,2	23,9	25,7	24,1	24,3
1943	23,4	24,0	—	—	19,0	19,1	18,8	18,2	21,0	22,0	20,8	21,8
1945	19,4	19,6	18,1	17,8	19,8	21,9	19,9	22,6	24,3	24,3	24,7	23,4
1947	21,3	22,2	16,0	14,0	14,0	22,0	24,6	23,5	21,9	20,4	19,1	18,0
1948	18,3	19,6	20,9	20,0	16,0	18,0	19,1	19,6	19,7	20,6	21,2	20,0
1949	18,5	18,9	21,0	18,0	18,0	18,6	18,9	20,1	21,2	22,4	23,6	23,6
1950	22,6	21,6	19,0	17,0	18,0	19,7	20,2	19,9	20,7	21,2	21,2	20,6

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1951	20,3	20,5	20,0	19,0	19,0	18,0	20,0	22,0	23,5	25,1	24,3	23,1
1952	21,6	21,9	20,0	18,0	17,0	18,0	22,1	22,1	23,7	24,8	26,1	25,4
1953	23,7	24,1	20,0	18,0	17,0	18,0	22,3	22,2	24,2	23,3	24,0	22,4
1954	23,4	22,7	20,0	18,0	16,2	12,6	13,0	14,3	21,0	22,3	23,0	23,7
1955	24,2	26,3	18,0	17,0	17,0	20,0	20,9	21,1	22,9	25,2	27,5	26,7
1956	23,8	24,3	18,0	19,7	17,9	18,0	19,6	18,4	26,7	22,5	24,1	21,5
1957	21,8	20,0	18,0	19,9	18,0	19,0	19,8	19,4	23,6	24,6	22,1	23,1

С 1958 года осуществляется отбор воды на орошение, искажающий постовые замеры.

				Отношение расходов к среднемуголетнему расходу в 20 м ³ /с								
1929	0,73	0,68	0,60	(0,60)	0,65	0,70	0,80	(0,80)	(0,83)	0,85	(0,83)	0,82
1930	0,74	0,68	0,65	(0,65)	(0,65)	0,75	0,79	0,92	1,01	0,98	0,93	0,98
1931	0,93	0,93	0,90	0,80	(0,80)	(0,82)	0,86	0,90	0,87	0,85	(0,86)	0,78
1932	0,75	0,77	0,70	(0,70)	(0,70)	0,80	0,92	0,97	1,03	0,94	(0,86)	0,88
1933	0,73	0,71	0,63	(0,61)	(0,60)	0,69	0,63	(0,63)	0,73	0,81	0,85	0,89
1934	0,79	0,82	0,75	0,70	(0,72)	0,75	0,80	(0,80)	1,00	1,07	1,00	0,88
1935	0,71	0,67	0,65	0,62	(0,65)	0,65	(0,76)	0,77	(0,77)	0,83	0,86	0,81
1936	0,78	0,83	0,90	(0,85)	(0,85)	0,80	0,86	0,95	1,03	—	—	0,91
1937	0,75	0,83	0,70	—	(0,70)	—	1,05	1,07	(1,06)	1,09	(1,09)	1,00
1942	1,12	1,17	1,0	0,75	0,85	0,98	1,02	1,20	1,28	1,20	(1,20)	(1,21)

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1943	1,17	1,20	—	—	0,95	0,96	0,94	0,91	1,05	1,10	1,04	1,09
1945	0,97	(0,98)	0,90	0,85	0,95	1,09	0,99	1,13	1,22	(1,22)	(1,23)	1,17
1947	1,06	1,11	0,80	0,70	(0,70)	1,10	1,23	1,17	1,09	1,02	0,95	0,90
1948	(0,91)	0,98	1,04	1,00	0,80	0,90	0,96	0,98	(0,98)	1,03	1,06	1,00
1951	(1,01)	1,02	1,00	0,95	(0,95)	0,90	1,03	1,10	1,17	1,25	1,21	1,16
1952	1,08	1,09	1,00	0,90	(0,85)	(0,90)	1,10	(1,10)	1,18	1,24	1,30	1,27
1953	1,18	1,20	1,00	0,90	(0,85)	(0,90)	1,11	(1,11)	1,21	1,17	1,20	1,12
1954	1,17	1,13	1,00	0,90	0,81	0,63	0,65	0,71	1,05	1,11	(1,11)	1,13
1955	1,21	1,32	0,90	0,85	(0,85)	1,00	1,04	(1,06)	1,14	1,26	1,37	1,33
1956	1,19	1,21	0,90	0,98	(0,89)	0,90	0,98	0,92	1,08	1,12	1,20	1,22
1957	1,09	1,00	0,90	0,99	(0,90)	0,95	0,99	(0,97)	1,18	1,23	1,10	1,16

Примечание: 1) Весенние поверхностные воды исключены.
 2) В скобках—повторяющиеся величины, исключенные в графике, представленном на рис. 29.

Расходы озера Айгерлич и р. Севджур в истоках и их логарифмы.

Дата	Айгерлич		Истоки Севджура	
	расходы м ³ /с	ln.	расходы м ³ /с	ln.
1	2	3	4	5
1931				
1	--	—	—	—
2	1,65	0,51	17,05	2,83
3	1,96	0,68	16,04	2,77
4	2,19	0,79	13,81	2,62
5	2,15	0,77	13,85	2,63
6	1,76	0,57	14,74	2,69
7	1,55	0,44	15,75	2,75
8	1,63	0,49	16,37	2,79
9	1,70	0,54	15,80	2,76
10	1,59	0,47	15,31	2,73
11	1,71	0,54	15,79	2,76
12	2,05	0,72	13,65	2,61
1932				
1	2,31	0,84	12,79	2,55
2	2,67	0,99	12,73	2,54
3	2,87	1,06	11,13	2,41
4	2,75	1,02	11,25	2,41
5	2,53	0,93	11,47	2,43
6	2,00	0,70	14,00	2,64
7	1,77	0,58	16,63	2,81
8	2,04	0,72	17,36	2,85
9	2,33	0,85	18,27	2,91
10	2,03	0,71	16,77	2,82
11	2,35	0,86	14,95	2,70
12	3,85	1,35	11,85	2,46
1933				
1	3,90	1,37	10,70	2,37
2	3,90	1,37	10,30	2,33
3	3,99	1,39	8,71	2,16
4	4,22	1,45	7,98	2,07

1	2	3	4	5
5	3,00	1,10	9,0	2,19
6	3,38	1,22	9,92	2,29
7	2,53	0,93	10,17	2,32
8	2,53	0,93	10,17	2,32
9	2,63	0,97	12,0	2,48
10	2,87	1,06	13,33	2,58
11	2,76	1,02	14,24	2,66
12	2,76	1,02	15,04	2,71
1934				
1	3,50	1,17	12,70	2,54
2	3,05	1,12	13,45	2,60
3	3,03	1,11	12,0	2,48
4	3,29	1,20	10,71	2,37
5	3,01	1,11	11,39	2,43
6	2,64	0,98	12,36	2,51
7	2,25	0,82	13,75	2,62
8	2,23	0,81	13,87	2,63
9	2,73	1,01	17,37	2,85
10	2,79	1,03	20,71	3,02
11	2,80	1,03	17,20	2,84
12	2,86	1,06	14,84	2,69
1935				
1	2,88	1,06	11,32	2,42
2	3,10	1,14	10,3	2,33
3	3,23	1,18	9,77	2,28
4	3,07	1,13	9,33	2,23
5	2,71	1,00	10,29	2,33
6	2,04	0,72	10,96	2,37
7	2,05	0,72	13,25	2,58
8	2,11	0,75	13,29	2,58
9	2,34	0,86	13,06	2,57
10	2,32	0,85	14,28	2,66
11	2,40	0,88	14,80	2,69
12	2,88	1,06	13,42	2,59

Среднемсячные расходы р. Ахурия—Айкадзор за 1947—1957 гг. и их
отношение к среднемноголетнему

Мес.	1947	1948	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
1	17,9 0,64	9,42 0,34	13,2 0,47	13,2 0,47	14,6 0,52	19,0 (0,68)	19,9 0,71	17,3 (0,62)	17,6 (0,63)
2	17,7 (0,63)	9,55 (0,34)	12,7 (0,45)	13,3 (0,47)	16,6 0,59	19,2 (0,69)	21,2 (0,72)	16,6 (0,59)	16,8 0,6
3	38,0 1,36	11,1 0,40	45,6 1,63	21,9 0,78	19,1 0,69	20,4 0,73	29,7 1,06	16,6 (0,59)	37,7 1,34
4	50,9 2,12	87,3 3,12	57,6 2,06	166,0 5,93	63,7 3,28	62,6 2,24	37,0 1,35	66,4 2,48	62,5 1,35
5	22,0 0,78	82,2 2,94	50,3 1,80	96,3 3,44	63,7 3,28	90,9 3,27	48,8 1,75	58,0 2,08	50,9 2,24
6	24,0 0,86	48,0 1,72	29,5 1,06	44,7 1,60	45,7 1,64	46,4 1,62	26,3 1,01	34,4 1,23	35,0 1,82
7	16,9 0,60	9,32 0,33	16,4 0,58	23,7 0,85	23,4 0,84	40,8 1,46	16,3 0,58	19,4 0,69	20,3 0,73
8	9,52 0,34	7,80 0,28	11,2 0,40	17,4 0,62	15,3 0,55	20,6 0,74	17,7 0,63	18,9 (0,68)	17,9 1,25
9	9,70 (0,35)	11,3 0,40	14,5 0,52	17,7 (0,63)	14,4 (0,51)	18,2 (0,65)	16,5 (0,59)	19,1 (0,68)	17,2 0,73

Мес.	1947	1948	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
10	12,8	13,5	28,7	17,6	15,6	20,8	17,8	20,4	18,9
	0,46	0,48	1,02	(0,63)	(0,56)	(0,74)	(0,64)	(0,72)	0,64
11	17,6	11,7	23,1	20,3	16,4	21,6	18,2	19,9	18,8
	0,63	0,42	0,82	0,72	0,59	0,77	(0,65)	(0,71)	0,67
12	13,2	11,7	16,1	18,2	18,6	21,5	17,7	18,2	17,9
	0,47	(0,42	0,58	0,65	0,67	(0,77)	(0,64)	0,65	0,64
Ср.	20,8	26,1	26,6	39,2	27,3	33,5	23,5	27,1	27,6

Средний многолетний расход—28 м³/с.

ВЕДОМОСТЬ

среднедекадных расходов озера Айгерлич в естественных условиях

Мес.	Дек.	31	32	33	34	35	Средн. декад.	Средн. месячн.
I	1		2,16	3,90	3,06	2,86	2,99	3,07
	2		2,32	3,90	3,25	2,86	3,08	
	3		2,45	3,90	3,28	2,92	3,14	
II	1	1,60	2,58	3,90	3,30	3,04	2,88	2,87
	2	1,63	2,68	3,90	3,10	3,10	2,88	
	3	1,73	2,75	3,90	2,75	3,16	2,86	
III	1	1,85	2,84	3,90	2,88	3,20	2,94	3,02
	2	1,98	2,88	3,95	3,04	3,22	3,02	
	3	2,05	2,88	4,12	3,16	3,26	3,09	
IV	1	2,10	2,80	4,25	3,28	3,00	3,09	3,11
	2	2,22	2,75	4,28	3,30	2,90	3,09	
	3	2,26	2,70	4,14	3,30	3,30	3,14	
V	1	2,26	2,64	3,90	3,20	3,30	3,06	2,68
	2	2,16	2,58	3,00	2,96	2,70	2,68	
	3	2,04	2,38	2,10	2,86	2,13	2,30	
VI	1	1,86	2,18	3,74	2,77	2,08	2,53	2,36
	2	1,76	2,00	3,40	2,68	2,04	2,38	
	3	1,66	1,80	3,00	2,46	2,00	2,18	
VII	1	1,56	1,64	3,04	2,08	2,00	2,06	2,03
	2	1,46	1,70	2,05	2,20	2,00	1,88	
	3	1,62	1,96	2,50	2,46	2,16	2,14	
VIII	1	1,66	1,98	2,63	2,26	2,10	2,13	2,11
	2	1,62	2,04	2,55	2,04	2,04	2,06	
	3	1,60	2,10	2,40	2,40	2,18	2,14	
IX	1	1,70	2,20	2,40	2,66		2,24	2,34
	2	1,70	2,35	2,64	2,76		2,34	
	3	1,70	2,43	2,86	2,76		2,44	
X	1	1,65	2,10	2,90	2,76		2,35	2,32
	2	1,56	1,98	2,90	2,76		2,30	
	3	1,56	2,00	2,80	2,85		2,30	

Мес.	Дек.	31	32	33	34	35	Средн. декал.	Средн. месячн.
XI	1	1,56	2,04	2,76	2,80		2,90	
	2	1,70	2,00	2,76	2,78		2,31	
	3	1,86	3,00	2,76	2,82		2,61	2, 40
XII	1	1,98	3,74	2,76	2,86		2,84	
	2	2,08	3,90	2,76	2,86		2,90	
	3	2,08	3,90	2,76	2,86		2,90	2,88

Экспедиционные замеры по р. Касах в июле 1932 г.

№ № п. п.	Наименование створов	Расход м ³ /с	Вывод м ³ /с
1	2	3	4
1.	Касах с. Баш-Апаран	<u>0,11</u>	0,29
2.	Касах с. Баш-Апаран после впадения родников	<u>0,68</u>	
3.	Касах ниже села Мульки	0,63	
4.	Касах сел. Гюлиджа	0,65	
5.	Мельничная канава с. Гюлиджа		
6.	Касах с. Гюлиджа выше 1-ой мельн.	0,39	
7.	Приток Гюлиджанских родников	0,04	
8.	Касах ниже с. Гюлиджа на 1 км	0,79	
9.	Касах ниже с. Чамурлу на 1,5 км	0,75	
10.	Касах ниже с. Чамурлу на 2 км	<u>1,24</u>	
11.	Касах с. Молла-Касум ниже вп. родников	1,18	
12.	Мельничная канава с. Куши		0,08
13.	Касах с. Куши ниже мельницы	<u>0,98</u>	
14.	Такерлинский канал с. Казнафар	<u>0,40</u>	
15.	Касах с. Куши после впадения Деличайского канала	1,15	
16.	Касах ниже с. Норашен	1,05	
17.	Касах ниже села Аствацинкал на 200 м	1,14	
18.	Касах ниже с. Аствацинкал на 1 км	0,93	
19.	Касах ниже села Аствацинкал на 2 км	<u>0,79</u>	
20.	Дели-чай водом. пост	1,98	
21.	Делий-чай с. Казнафар	0,16	
22.	Дели-чай с. Калачи на 1 км	0,58	1,27
23.	Дели-чай ниже с. Калачи, ближе к Илан-чалан	0,06	
24.	Дели-чай с. Илан-Чалан	0,43	
25.	Касах у 1-го Деличайского сброса	0,85	
26.	Касах с. Агнагех после 1-го Деличайского сброса		

1	2	3	4
27.	Касах с. Агнагех ниже Делич-сброса	1,28	
28.	Касах с. Амамлу	1,21	
29.	Касах с. Сагмосаван	1,51	
30.	Касах ниже с. Сагмосаван в ущелье	1,82	
31.	Касах ниже с. Сагмосаван на 1 км	1,65	
32.	Касах выше с. Оганаванк после родников	1,84	
33.	Касах с. Оганаванк вод. пост (22 июля)	1,30	
33а.	Касах с. Оганаванк водом. пост. (23 июля)	1,15	
34.	Касах с. Оганаванк ниже водом. поста	1,02	
35.	Касах с. Кзрпи у сброса мельниц.	1,85	
36.	Касах с. Могни после отвода Аштаракской канавы	2,708	
37.	Касах с. Аштарак в районе Старого поста	2,71	
38.	Касах с. Аштарак новый пост 23 июля	2,40	
39а.	» » 29 июля »	1,81	
39.	Касах с. Аштарак ниже водного поста	1,40	
40.	Канал с. Ошакан		0,05
41.	Касах ниже канавы с. Ошакан	1,51	
42.	Канавы с. Аштарак у Могни		0,11
43.	Канавы с. Ошакан		0,35
44.	Касах с. Ошакан после отвода канавы 29 июля	1,06	
44а.	» » 31 июля	0,85	
45.	Касах с. Ошакан за вулканич. сопкой	0,67	
46.	Касах с. Ошакан ниже большого моста	0,61	
47.	Касах ниже моста на 1 км	0,66	
48.	Шахверт с. Парби водом. пост.	0,81	
49.	Шахверт у 1-ой Кизил-Тамурской канавы	0,70	
50.	Шахверт выше с. Кизил-Тамура	0,59	
51.	Шахверт после отвода Ошакан-Канавы	0,21	

Примечание: По п. 27 — 1,28 м³/с

— » — 19 — 0,79

Далич. сброс 0,49 м³/с $\overline{\overline{500}}$ л/с

По п. 12 — 0,08

По п. 30 — 1,82 м³/с

— » — 13 — 0,98

— » — 29 — 1,51 — » —

Касах—Кущи 1,06 м³/с

Сагмосаван. родн. 0,310 м³/с..

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

11. Альтберг В. Я. О некоторых результатах ориентировочного обследования подземных шумов в пещерах Алагяза, произведенного в 1928 г. Алагез, потухший вулкан, том II, часть I. Труды по изучению производительных сил. Серия Закавказская АН СССР—1932.
12. Арутюнян В. М. По поводу датировки храма в Аруче. Сборник трудов Ереванского политехнического института № 2—1946.
13. Аслanian А. Т. Региональная геология Армении—1958.
14. Горбунов-Посадов М. И. Балки и плиты на упругом основании 1949.
15. Жемочкин Б. П. и Синицын А. П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании без гипотезы Винкlera, 1947.
16. Лебедев П. И. Вулкан Алагез и его лавы. Алагез, потухший вулкан Армянского нагорья. Том I. Издание АН СССР 1931.
17. Личков Б. Л. К характеристике геоморфологии и стратиграфии Алагеза. ч. I Алагез, потухший вулкан Армянского нагорья, том I. Издание АН СССР—1931.
18. Ломизе Г. М. Фльтрация в трещиноватых породах. 1951.
19. Оганезов Г. Г. Энергетические факторы в тектонике Араратской котловины. Подземные воды Араратской котловины, том I. Издание АН Армянской ССР—1957.
20. Оганезов Г. Г. Гидрологические и гидрогеологические исследования и расчеты по озеру Айгерлич. Подземные воды Араратской котловины, том II. Армгосиздат—1958.
21. Оганезов Г. Г. Водный баланс массива Арагац. Подземные воды Араратской котловины, том III. Армгосиздат—1962.
22. Оганезов Г. Г. Осушение насосными колодцами Араздзянской степи. Подземные воды Араратской котловины, том IV, Сельхозиздат—1957.
23. Оганезов Г. Г. Севан и Гегамский хребет (Новое о вулканах) Армгосиздат—1962
24. Павловский Н. Н. О притоке воды к горизонтальным фильтрам. Известия научно-исследовательского Института гидротехники. 1937 г. № 21.
25. Паффенгольц К. Н. Бассейн оз. Севан—1934.
26. Сырников П. И. Подземные шумы Алагеза. Алагез—потухший вулкан, том II, изд. АН СССР.
27. Haffen M.—Le captage des eaux souterraines par forages horisontaux, 1954.
28. Scalapino R.—Artificial recharge of ground water reservoirs, 1955.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3.
Использование подземных вод на склоне массива Арагац	6
Глава I. Общие физико-географические данные, гидрология и гидрометрия р. Севджур	7
Глава II. Подземное озеро под массивом Арагац	16
Глава III. Соображения о деформированном довулканическом рельефе под массивом Арагац	41
Глава IV. Гидрогеология глубинных зон массива Арагац	53
Глава V. Режим подземного озера	75
Сливной участок и участок высачивания	97
Глава VI. Подземное озеро в роли подземного водохранилища	108
Глава VII. Изыскания и исследования	116
Тезисы	122
Приложения	125
Среднемесячные расходы р. Севджур в истоках, оз. Айгерлич и их отношение к средне-многолетним расходам	127
Севджур-Зейва. Среднемесячные расходы и отношение их к средне-многолетнему расходу в 20 м ³ /сек	129
Расходы озера Айгерлич и р. Севджур в истоках и их логарифмы	132
Среднемесячные расходы р. Ахурян—Айкадзор за 1947—57 гг. и их отношение к средне-многолетнему	134
Ведомость среднедекадных расходов озера Айгерлич в естественных условиях	136
Экспедиционные замеры по р. Касах в июле 1932 года	138
Цитированная литература	141

ОГАНЕЗОВ ГУРГЕН ГАВРИЛОВИЧ

Подземные воды Араратской котловины
Том V

Редактор А. М. Азатян
Худ. редактор А. Мамаджанян
Техн. редактор В. Халатян
Контр. корректор Г. Саркисян

ВФ 07337

Заказ 579

Тираж 1.000

Сдано в производство 25/VII 63 г. Подписано к печати 29/X 64 г.
Бумага 60×92¹/₁₆, Печ. 9,0 л. Уч.-изд. 8,5 л.
ЦЕНА 75 коп.

Типография № 1 Главного управления государственного комитета печати
Совета Министров Арм. ССР, Ереван, ул. Алавердяна, 65.



14803