

УДК 551.491.4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО СТОКА ВОДОСБОРНОГО
БАССЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН
(по данным электротзондирования и бурения)

В. П. ВАРДАНЯН *

Кафедра геофизики ЕГУ, Армения

При исследовании распределения подземного стока в качестве основных вопросов рассмотрены: а) определение пространственного распределения и концентрации подземного стока на основании его суммарной величины (по данным водного баланса); б) оценка ориентировочных расходов отдельных палеодолин для решения задач перехвата подземного стока на высоких отметках. На основе критического анализа и переинтерпретации этого материала (в основном по данным ВЭЗ) составлена новая сводная карта в масштабе 1: 50 000 и разрезы для регионального водоупора (палеорельефа) всего водосборного бассейна озера Севан. С учетом обстоятельства, что региональный водоупор является основным распределителем подземного стока, карта палеорельефа и разрезы дают объективную информацию о путях прохождения сосредоточенного подземного стока и благоприятных участках их перехвата.

Keywords: Gegama Ridge, Vardenis Ridge, underground drain, Lake Sevan basin, watershed, concentrated watercourse, Darcy formula, electrosounding, drilling holes, groups of springs.

Введение. Среди многочисленных факторов, обуславливающих условия формирования подземного стока бассейна озера, являются источники его питания:

- инфильтрация атмосферных осадков;
- инфильтрация вод из поверхностных водотоков и оросительных сетей.

Физико-геологические условия Гегамских и Вардениских горных сооружений бассейна, в особенности вулканических хребтов, благоприятны для формирования подземного стока. В первую очередь, это значительное количество атмосферных осадков (в среднем 500–900 мм/год), возрастающее по мере повышения гипсометрии; мощный снежный покров; высокая влажность воздуха; трещиноватость и проницаемость эффузивных пород Гегамского и Вардениского нагорий, что способствует инфильтрации значительной части атмосферных осадков вглубь. Проходя трещины и пустоты верхних горизонтов эффузивного комплекса, они достигают водоупорных пород и, образуя множество подземных водотоков, стекают в направлении к оз. Севан или высту-

* E-mail: v.vardanyan@ysu.am

пают на дневную поверхность либо в периферийных частях лавовых потоков, либо в глубоких каньонах, где речной эрозией вскрыта кровля водоупора [1, 2].

Результаты работ. При исследовании распределения подземного стока в качестве основных вопросов рассмотрены: а) определение пространственного распределения и концентрации подземного стока на основании его суммарной величины (по данным водного баланса); б) оценка ориентировочных расходов отдельных палеодолин для решения задач перехвата подземного стока на высоких отметках. При решении первой задачи нами проработан большой объем полевого материала по методу вертикального электротондирования (ВЭЗ) (около 1100 физ. точек) и бурения (около 50 разрезов буровых скважин). На основании критического анализа и переинтерпретации этого материала (в основном, данные ВЭЗ) нами составлена новая сводная карта (рис. 1) и разрез (рис. 2) для регионального водоупора (палеорельефа) всего водосборного бассейна озера Севан. Сводная карта составлена в масштабе 1: 50 000.

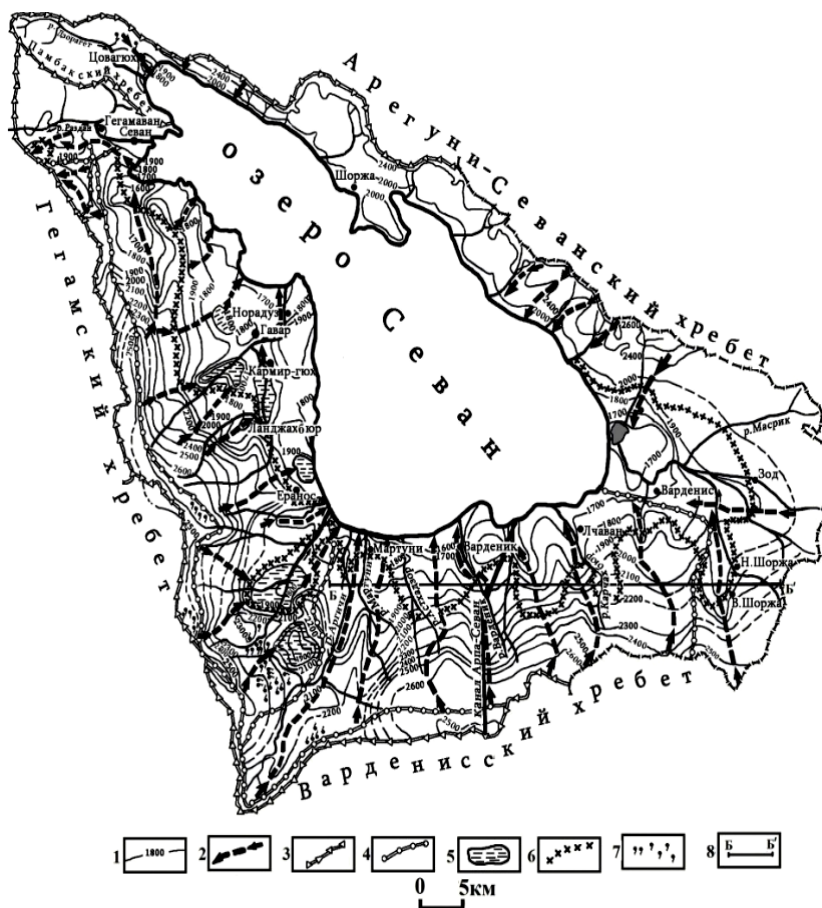


Рис. 1. Карта рельефа регионального водоупора. Бассейн оз. Севан.

Условные обозначения: 1 – изолинии рельефа регионального водоупора в абсолютных отметках, м; 2 – основные пути сосредоточенного движения подземных вод (палеодолины); 3 – современный (поверхностный) водораздел; 4 – региональный погребенный водораздел; 5 – погребенный (водосборный) бассейн; 6 – контакт подлавовых водоупорных пород; 7 – территории, где установлена инверсия современного и погребенного рельефов; 8 – линия литолого-геоэлектрического разреза.

Учитывая то обстоятельство, что региональный водоупор является основным распределителем подземного стока, составленные карты палеорельефа и разрезы дают объективную информацию о путях прохождения сосредоточенного подземного стока и благоприятных участках их перехвата [3].

Восточные склоны Гегамского хребта. Гегамский хребет представляет собой ландшафт недавно угасшей вулканической деятельности. Это огромное овально-вытянутое щитовидное нагорье, которое расположено на абсолютных отметках преимущественно более 2000 м [4]. Водораздельная часть нагорья расположена на высоте около 2800–3200 м и представляет собой платообразную поверхность лавовых покровов и потоков, над которой возвышаются отдельные вулканические вершины и останцевые экстрозивные купола. Склоны хребта имеют ассиметричное строение: обращенные к озеру Севан восточные склоны пологие, а западные спускаются более крутыми, четко выраженными уступами. Территория хребта характеризуется неравномерной густотой гидрографической сети. Так, если северная часть лишена поверхностного стока и гидрографически представляет собой бессточный бассейн, то южная – прорезана многочисленными долинами рр. Гаварагет, Азат и др.

Как уже отмечалось, для картирования палеорельефа как основного распределителя подземного стока широко использованы геофизические (электроразведочные) методы, а в прибрежных частях – также бурение. Для определения пространственного положения погребенного водораздела хребта и строения рельефа регионального водоупора восточных склонов проанализированы и заново интерпретированы более 500 графиков электрических зондирований; использованы около 30 разрезов буровых скважин, вскрывших подлазовые породы. Анализ сводной карты (рис. 1) совместно с гидрогеологическими данными позволяет сделать следующие основные выводы о возможном распределении подземного стока восточных склонов нагорья. При этом, в качестве основных гидрогеологических элементов рассматриваются подземные водотоки и погребенные (водосборные) бассейны [3, 5].

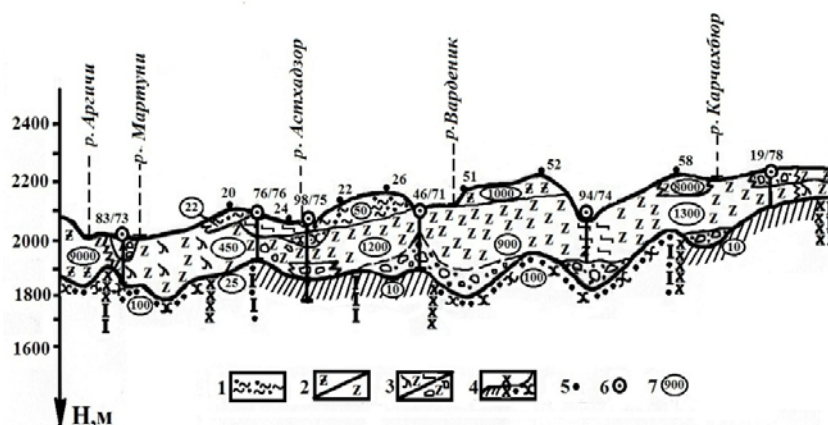


Рис. 2. Гидрогеолого-геофизический разрез по профилю Б–Б', северные склоны Вардениского нагорья. Условные обозначения: 1 – современные рыхлообломочные образования (супеси, суглинки и т.п.); 2 – вулканические образования плотные, относительно сухие; 3 – те же породы трещиноватые, водоносные; 4 – рельеф регионального водоупора: а) глинистые отложения; б) туфопесчаники, порфириды и их аналоги; 5 – точки электроразведки; 6 – буровые скважины; 7 – удельное электросопротивление пород, Ом·м.

Центральный водоток – это один из основных сосредоточенных потоков в пределах северных склонов Гегамского нагорья. Он формируется на отметках 2500–2300 м, имеет близмеридиональное, с юга на север, направление движения и разгружается в акваторию озера у с. Чкаловка. Рассматриваемый водоток на западе ограничен главным водоразделом нагорья, а на востоке – основным водоразделом ЮЗ–СВ направления (в сторону оз. Севан). Вдоль последнего водораздела нами установлен контакт, разделяющий водоупорные породы разного литологического состава – это глины со стороны оз. Севан и туфопесчаники, порфириды со стороны высокогорных склонов нагорья.

В пределах водосборного бассейна рассматриваемого водотока из-за исключительной водопроницаемости толщи лав, несмотря на большое количество атмосферных осадков, поверхностный сток практически не образуется. Следовательно, на этом участке в формировании Центрального водотока принимают участие как глубоко проникающие атмосферные осадки, так и другие инфильтрационные воды (от орошения и т.п.). Здесь следует ожидать сравнительно большой расход водотока. Для оценки этого расхода воспользуемся гидродинамическим методом расчета с применением формулы Дарси:

$$Q = \frac{a+b}{2} m I K_{\phi}, \quad (1)$$

На этом участке имеются результаты сравнительно детальных электро-разведочных работ, которые позволяют определить параметры искомой палеодолины. Получены следующие данные: ширина долины поверху $a = 750$ м, понизу – $b = 250$ м, мощность водоносного слоя $m = 100$ м, коэффициент фильтрации $K_{\phi} = 25$ м/сут. (по корреляционной зависимости), гидравлический уклон $I = 0,08$ (по карте регионального водоупора). Расход водотока ожидается $Q \approx 1,15$ м³/с.

Сосредоточенные подземные потоки, в основном ЮЗ–СВ направления движения, выявлены в пределах центральной части восточных склонов нагорья, примерно от широт с. Чкаловка до с. Еранос. Здесь установлены семь основных водотоков, палеоводосборные бассейны, которые разграничены локальными (местными) водоразделами. Это водотоки Айриванский, Цахкашенский, Палеогаварагет, Саруханский, Палеогехаркуник и др. Многие из этих сосредоточенных потоков, не доходя до оз. Севан, разгружаются, скорее всего, в пределах локальных погребенных впадин (бассейнов) [5, 6]. Так, например, *Айриванский водоток* разгружается в бассейне, оконтуренном изолинией 1750 м северо-западнее г. Гавар; *водотоки Цахкашенский и Палеогаварагет* – в бассейне, ограниченном изолинией 1700 м западнее с. Батикян; *Саруханский водоток* – в пределах известного Саруханского месторождения подземных вод, оконтуренном изолинией 1750 м. Наконец, *Палеогехаркуник* разгружается в пределах погребенного бассейна, установленного севернее с. Еранос, ограниченном изолинией 1850 м.

Как видно на карте, в литологическом отношении основанием практически всех предполагаемых погребенных водосборных бассейнов служат глинистые отложения. Контакт водоупорных пород разного

литологического состава в плане проходит несколько западнее от выделенных локальных впадин. Большинство из вышеотмеченных основных водотоков прослеживаются до указанного контакта. Следовательно, в структурном отношении этот контакт, по-видимому, является водоконтролирующим гидрогеологическим элементом для подземного стока (здесь возможно существование тектонического нарушения). Следует также выделить погребенный водораздел, установленный недалеко от побережной части оз. Севан, между с. Норадуз и с. Еранос – здесь возможно существование подпорной зоны подземного стока.

В южной части восточных склонов Гегамского нагорья установлены два подземных потока. Это *Тазагюхский* и *Сарнахпюрский* водотоки. Они имеют СЗ–ЮВ направление движения. В областях их формирования и транзита наблюдаются многочисленные выходы подземных вод (родники). Рассматриваемые водотоки граничат с Варденисским нагорьем и отделяются от него погребенным основным водоразделом. Так же, как и многие из выделенных водотоков, они, не доходя до оз. Севан, частично разгружаются в локальных погребенных впадинах: Тазагюхский – в бассейне юго-западнее с. Тазагюх, оконтуренного изолинией 1900 м, Сарнахпюрский – в бассейне юго-восточнее с. Сарнахпюр, ограниченного изолинией 2100 м.

Из выделенных водотоков результаты детальных работ имеются для Саруханского, что позволяет оценить его расход для створа, проходящего по точкам ВЭЗ. Установлены следующие параметры водотока: сечение $a = 1500$ м, $b = 500$ м; средняя мощность водоносного горизонта $m = 80$ м; гидравлический уклон $I = 0,01$ (по карте регионального водоупора); $K_{\phi} \approx 65$ м/сут. (по корреляционной зависимости): по формуле Дарси (1) $Q = 0,60$ м³/с.

Наконец, при картировании пространственного положения погребенного водораздела, проходящего по юго-восточной части нагорья, следует отметить, что это фактически главный водораздел, разделяющий погребенные водосборные бассейны Гегамского и Варденисского хребтов [3,7].

Северные склоны Варденисского хребта. Варденисский хребет представляет собой обширное широтно вытянутое горное сооружение со сводообразным поперечным профилем и высотами до 3000–3100 м; склон хребта полого спускается к северу, в сторону оз. Севан и к югу, к верховьям р. Арпа и ее правого притока р. Элегис. Выяснение пространственного положения древней гидрографической сети северных склонов Варденисского нагорья имеет важное научно-практическое значение, так как с ней связаны поэтажно расположенные подлазовые и межлазовые водные потоки [8].

По данными количественной интерпретации графиков около 400 точек электророндирований и 30 буровых скважин, на составленной нами карте (рис. 1) в основном наблюдается общий уклон с юга–юго-востока на север–северо-запад, что соответствует структурному строению Варденисского синклинория. Основное количество подземных вод, фильтруясь через лавы и следуя по древним структурным долинам, направляется в сторону оз. Севан и питает отдельные, в том числе артезианские бассейны, прилегающие к озеру. В пределах северных склонов нагорья выделен ряд основных водотоков, прослеживающихся от главного водораздела нагорья (область

формирования) до акватории оз. Севан (район разгрузки). Кроме этих основных в пределах нагорья установлены также локальные водотоки.

Водоток Палеоаргичи – формируется на стыке юго-восточных склонов Гегамского хребта с Вардениским. Практически он проходит под руслом современной р. Аргичи и поэтому этот водоток следует назвать погребенной долиной, так называемая р. Палеоаргичи. Водоток прослеживается от главного водораздела нагорья до побережья озера, т.е. на расстоянии более 30 км. Так как по этому водотоку имеются створы, где выполнены детальные (в том числе геофизические) работы, то для оценки его расхода мы воспользовались гидродинамическим методом расчета. От главного водораздела нагорья до с. Магина, где выбран расчетный створ, наклон водотока составляет около 0,014 (по карте рельефа регионального водоупора). Остальные параметры водотока следующие: исходя из сечения, установленного по электроразведочным данным: ширина долины поверху $a = 2000$ м; понизу – $b = 500$ м; мощность водоносного слоя $m = 80$ м; величина K_{ϕ} определена по зависимости $T_{mp} = f(K_{\phi})$ и составляет около 60 м/сут. Следовательно, ожидается следующий расход водотока по формуле Дарси (1): $Q = 1,0$ м³/с.

Выделенные водотоки практически формируются в пределах водосборных бассейнов рр. Мартуни, Варденик, Арцванист, Карчахпюр и их можно считать палеодолинами этих рек – Палеомартуни, Палеоварденик, Палеоарцванист и Палеокарчахпюр.

Нужно отметить, что трасса известного тоннеля Арпа–Севан, которая проходит по рассматриваемому участку, фактически совпадает с долиной р. Палеоварденик, что следует считать одной из основных причин пересечения тоннелем отдельных водообильных зон.

Значительный интерес представляет водоток, который формируется южнее оз. Большой Алагель. На основании результатов детальных работ получены следующие параметры палеодолины: $a = 750$ м; $b = 250$ м; $m = 120$ м; K_{ϕ} по зависимости $T_{mp} = f(K_{\phi})$ равен 15 м/сут.; I в расчетном створе по карте рельефа регионального водоупора составляет 0,058. Расход водотока по формуле (1) ожидается $Q = 0,6$ м³/с.

Наконец, в качестве основного нами выделен, так называемый, *водоток Палеомасрик*, который формируется на стыке северных склонов Вардениского хребта с Зангезурским. Водоток проходит параллельно р. Масрик и его можно считать ее палеодолиной; до поступления в Масрикский водосборный бассейн он объединяется с водотоком, поступающим со стороны Зангезурского хребта и имеющим близширотное направление. Объединенный водоток разгружается в пределах акватории озера на отметках около 1800 м.

Таким образом, исходя из пространственного положения установленных водоразделов и анализа строения рельефа регионального водоупора, можно сделать заключение, что подземный сток северных склонов Вардениского хребта на палеоотметках 2300–2500 м (при современных отметках 2500–2700 м) формируется в виде отдельных сосредоточенных потоков. Этому способствует сравнительно спокойный характер поверхностного рельефа, большая трещиноватость лавовых образований и значительное количество атмосферных осадков (до 800–900 мм/год).

В отличие от водотоков Гегамского нагорья, которые разгружаются частично в локальных погребенных впадинах, водотоки Варденисского хребта практически прослеживаются до побережья озера. Здесь происходит основная разгрузка подземных вод в виде мощных групп родников.

Наконец, окончательная разгрузка сосредоточенных вод происходит на территории акватории озера, в пределах относительно глубокозалегающих напорных бассейнов подземных вод [3, 5].

Юго-западные склоны Арегуни-Севанских хребтов. Участок занимает северо-восточное узкое побережье оз. Севан, ограничиваясь с севера–северо-востока водораздельной линией Арегуни-Севанского хребта с абсолютными отметками около 2900–3300 м. Отсутствие здесь лавовых потоков и покровов коренным образом отличают этот участок от территорий Гегамского и Варденисского хребтов. В геологическом отношении район сложен верхне-меловыми и эоценовыми отложениями известняково-мергелистыми и вулканогенно-осадочными породами [9]. Карбонатные отложения характеризуются сильной трещиноватостью, что создает благоприятные условия для инфильтрации атмосферных осадков.

В гидрогеологическом отношении рассматриваемый район весьма маловиден и здесь подземные воды имеют ограниченное распространение. Выпадающие атмосферные осадки образуют в основном кратковременный поверхностный сток, а питание подземных вод происходит через трещиноватые, выветренные и обнаженные участки коренных пород.

Основные данные о распределении подземного стока района получены по результатам гидрогеологических работ [7]. Геофизические исследования, из-за стесненности рельефных условий и меньшей перспективности района в отношении поиска подземных вод, проведены в основном вдоль береговой полосы оз. Севан и только частично носят площадной характер. Установлено, что глубина распространения грунтовых вод, приуроченных к аллювиально-делювиальным и озерным отложениям не превышает 50–60 м. Трещинно-грунтовые и слабонапорные воды в трещиноватых зонах эоценовых конгломератов и туфобрекчий и меловых известняках и мергелях вскрыты до глубины 200 м.

Распределение подземного стока и пути их сосредоточенного движения показаны на сводной карте рис. 1.

В целом величина подземного притока в озеро с этого участка определена на основании водно-балансовых расчетов и составляет около $0,71 \text{ м}^3/\text{с}$ или 22 млн $\text{м}^3/\text{год}$; она получена как разница между полным естественным стоком ($2,63 \text{ м}^3/\text{с}$) и среднегодовым речным стоком ($1,92 \text{ м}^3/\text{с}$) [3, 10].

Выводы. Анализ сводной карты (рис. 1) совместно с гидрогеологическими данными позволяет сделать следующие основные выводы о возможном распределении подземного стока всего водосборного бассейна оз. Севан. При этом в качестве основных гидрогеологических элементов рассматриваются подземные водотоки и погребенные (водосборные) бассейны, где выделяются сосредоточенные потоки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ананян А.К.** Некоторые результаты комплексных исследований по проблеме сохранения уровня озера Севан на высокой отметке. В сб.: Результаты комплексных исследований по Севанской проблеме. Т. 1. Ер., 1961.
2. **Аракелян Л.С., Шагинян В.Х.** О результатах детальных разведочных работ, проведенных в 1979–1984 гг. в пределах Саруханского месторождения бассейна оз. Севан (рукопись). Ер.: Фонды УГРА, 1984.
3. **Минасян Р.С., Варданян В.П.** Палеорельеф и распределение подземного стока Центрального вулканического нагорья Армении. Ер.: Асогик, 2003.
4. Геология Армянской ССР. Геоморфология. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1974.
5. **Минасян Р.С.** Изучение подземных вод вулканических областей геофизическими методами. М.: Недра, 1989.
6. **Вегуни В.Т., Аветисян В.А.** Гидрогеология бассейна оз. Севан. Сборник Ин-та гидроэнергетики. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1960.
7. **Вегуни В.Т., Аветисян В.А.** Геолого-гидрогеологические условия бассейна оз. Севан. В сб.: Результаты комплексных исследований по Севанской проблеме. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1961, т. 1.
8. **Бальян С.П.** Структурная геоморфология Армянского нагорья. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1969.
9. **Асланян А.Т.** К вопросу о происхождении оз. Севан. // Естественные науки АН Арм. ССР, 1947, № 8.
10. **Боревский Б.В., Аракелян Л.С.** и др. О региональной оценке эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод бассейна оз. Севан (по состоянию на 01.07.85 г.) (рукопись). Ер.: Фонды Армгеология, 1985, т. 1, кн. 1–4.

Վ. Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՋՐՀԱՎԱՔ ԱՎԱԶԱՆԻ ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ
ՀՈՍՔԵՐԻ ԲԱՇԽՈՒՄԸ
(հորատման և էլեկտրագոնդավորման տվյալներով)

Ամփոփում

Ստորերկրյա հոսքի բաշխման հետազոտության ժամանակ, որպես հիմնական հարցեր դիտարկվել են. ա) ստորերկրյա հոսքի տարածական բաշխման և կուտակման հայտնաբերումը, ունենալով նրա գումարային մեծությունը (ըստ ջրային հաշվեկշռի); բ) առանձին պալեոհովիտների մոտավոր ծախսերի գնահատումը՝ բարձր կետերում ստորերկրյա հոսքերի ջրառման խնդիրների լուծման համար: Եղած նյութերի վերջնական վերլուծության և վերամեկնաբանման հիման վրա (հիմնականում ուղղաձիգ էլեկտրագոնդավորման ՈւԷՋ-ի տվյալները) մեր կողմից կազմվել է նոր ամփոփ քարտեզ և կտրվածք Սևանա լճի ամբողջ ջրհավաք ավազանի ռեգիոնալ ջրամերժ շերտի համար: Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ ռեգիոնալ ջրամերժ շերտը ստորերկրյա հոսքերի հիմնական բաշխիչ է հանդիսանում՝ պալեոռելիեֆի կազմված քարտեզները և կտրվածքները օրեկտիվ տեղեկատվություն են տալիս ստորերկրյա կենտրոնացված հոսքի անցման ուղիների և նրանց ջրառման բարենպաստ տեղամասերի վերաբերյալ:

V. P. VARDANYAN

DISTRIBUTION OF UNDERGROUND DRAIN OF CATCHMENT
BASIN OF SEVAN LAKE

(according to the data of electro sounding and drilling)

Summary

Studying the distribution of underground runoff, the main issues are: a) determination of the spatial distribution and concentration of the underground runoff, having its total value (according to the water balance data); b) assessment of the estimated costs of individual paleolines for solving problems (interception of underground runoff at high elevations). Based on the critical analysis and reinterpretation of this material (mainly VEZ data), we compiled a new summery map at a scale of 1: 50 000 and sections for the regional water basin (paleorelief) of the entire catchment basin of Sevan Lake. Taking into account the fact that the regional water confinement is the main distributor of underground flow, the compiled paleorelief maps and sections provide objective information about the ways of passing the concentrated underground flow and propitious areas for their interception.