

P. ПЕРЕНС

О ПРИМЕНЕНИИ РАСХОДОМЕТРИИ ПРИ РАСЧЛЕНЕНИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА КАРБОНАТНОЙ ТОЛЩИ НА ПАНДИВЕРЕСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

В последнее время при расчленении гидрогеологического разреза широкое применение нашел метод расходометрии (Гершанович, 1972; Плотников, 1972), который заключается в том, что с помощью глубинных расходомеров в пробуренной скважине, соединяющей множество водоносных интервалов, определяется расход воды вдоль ствола скважины. Обычно этот метод применяется при естественном уровне воды в скважине и при одной или нескольких ступенях его изменения путем откаек, самоизлива или налива. Результаты исследований, проведенных при естественном уровне воды в условиях соединения скважиной нескольких водоносных зон с различными гидравлическими характеристиками, отражают состояние возбуждения одних зон другими.

В настоящей статье приводятся результаты работ, проведенных Управлением геологии СМ ЭССР в районе Пандивересской возвышенности при разведке подземных вод и крупномасштабной гидрогеологической съемке с использованием расходометрии. В исследованиях использовался расходомер Т СР-70, представляющий собой вертушку, с помощью которой измерялись скорость и направление потока воды в стволе скважины. Полевые работы выполнены и расходограммы отдельных скважин составлены К. Дементьевым. Керны скважин детально описаны Т. Ланг.

Расходометрические исследования, проведенные в 43 скважинах на Пандивересской возвышенности, показывают приуроченность водоносных зон ко всем выделенным в настоящей работе стратиграфическим подразделениям (рис. 1—3). Отдельные зоны водопритоков (поглощения) сопоставляются между собой только в пределах определенных участков с расстояниями между скважинами не более 500 м (скв. 196, 197, 198). Если скважины отстоят друг от друга на 2—3 км, возможности сопоставления отдельных водоносных зон обычно нет. Поэтому расчленение гидрогеологического разреза на относительно слабопроницаемые и водоносные слои в пределах какого-либо участка представляется возможным только на основании статистической обработки данных расходометрии.

В данной работе отдельным водоносным слоем считается обнаруженная в скважинах с помощью расходометрии водоотдающая или водопоглощающая зона. Слои с многократным чередованием таких зон без явного доминирования в разрезе проницаемых пород над водонепроницаемыми М. Е. Альтовский (1960) называет водоносными слоями. Такой подход к определению водоносных слоев, по мнению автора, позволяет наиболее точно выявить особенности гидрогеологического строения описываемой территории. Условно мы считаем, что если в пределах како-

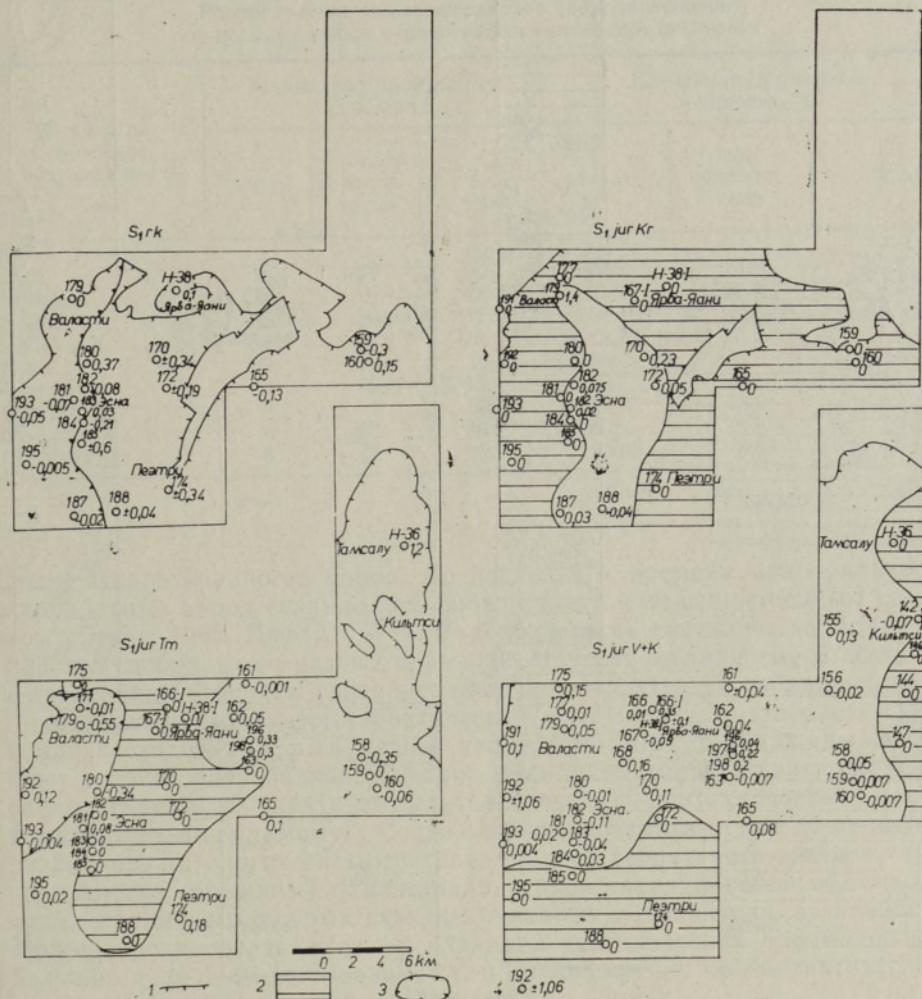


Рис. 1. Схемы обобщенных водопротоков силурийского водоносного комплекса.
 1 — контур распространения, 2 — участки распространения практически безводных пород, 3 — участки с преобладанием водопоглощения, 4 — скважина, причем сверху ее номер, справа — обобщенный водопроток, л/сек; минус — зона водопоглощения, плюс и цифры без знака — зона водопритока.

го-то стратиграфического подразделения в большинстве (более 50%) скважин с помощью расходометрии установлено наличие зон притока (поглощения), такие горизонты или пачки называются водоносными, в противном случае (50% или меньше) они относятся к относительно слабопроницаемым (табл. 1). Мощность зон поглощения или притока равна 1—6 м, обычно 1—2 м.

Как показывают расходометрические исследования, водоносные зоны составляют из суммарной исследованной мощности гидрогеологического разреза, равной 1876 погонным метрам, лишь 14,8%. Остальную часть разреза можно считать практически безводной в отношении гравитационной воды. В основном зоны водопротоков приурочены к райкююлакскому горизонту (S_1rk), к варболаской свите юрунского горизонта ($S_1jur V+K$) и к адилаской пачке пиргуского горизонта (O_3rgA). На исследованном участке в 78—95% скважин водопротоки обнаружены именно в этих

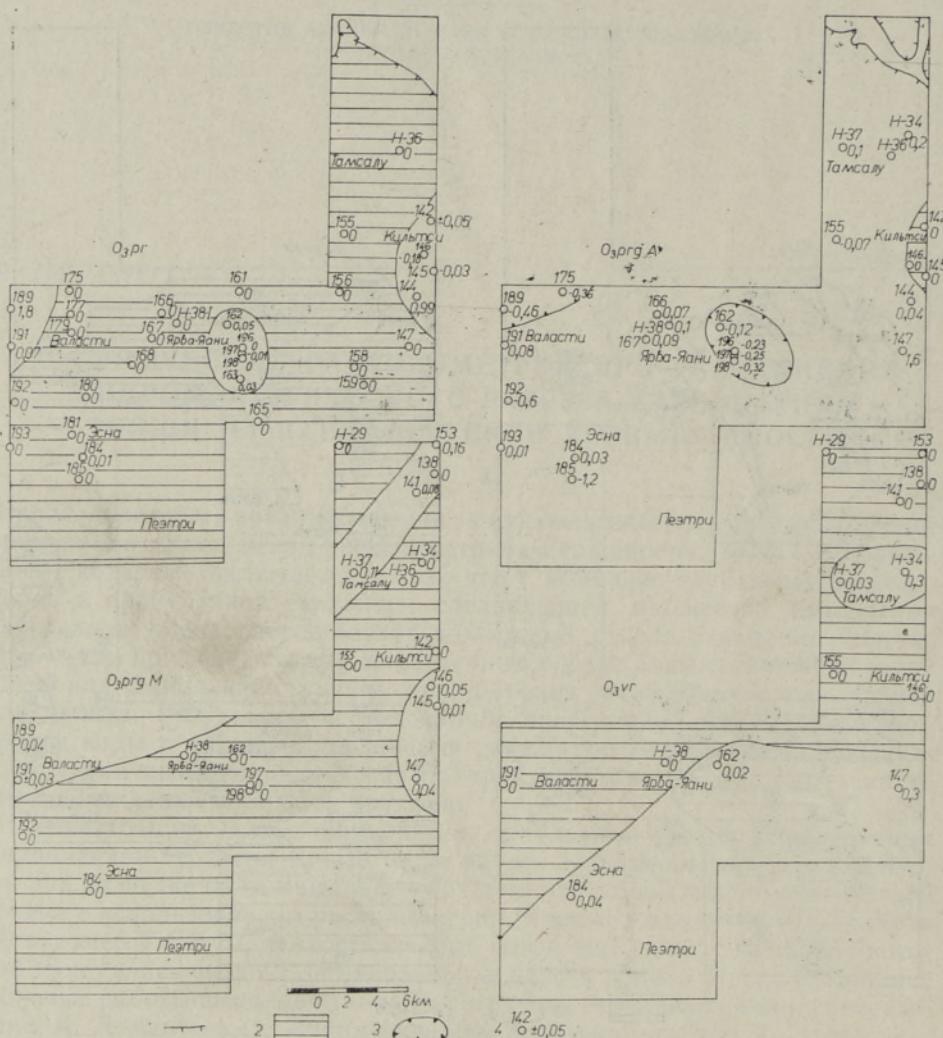


Рис. 2. Схемы обобщенных водопритоков ордовикского водоносного комплекса.
Обозначения см. на рис. 1.

стратиграфических подразделениях (рис. 4а, табл. 1). Значительно реже установлены зоны водопритоков в каринусской пачке юрунского горизонта ($S_{1j}urKr$), в поркуниском ($O_3рг$) и вормсиском ($O_3уг$) горизонтах. Аналогичным образом распределяются мощности водоносных зон.

Отдельные экстремально высокие показатели водопритоков могут в некоторой степени искажать общую картину распределения обобщенных водопритоков, под которыми понимается отношение суммарной величины значений водопритоков (водопоглощений) отдельных зон к суммарной раскрытой мощности соответствующего стратиграфического подразделения. Однако при этом по относительной водообильности явно выделяются райкюласский горизонт и адилаская пачка пиргуского горизонта.

Вообще водообильность карбонатных пород очень разнообразна; что обусловлено различиями в их вещественном составе, структуре и текстуре, различными степенью и характером трещиноватости, кавернозно-

Таблица 1

Распределение зон водопритоков (водопоглощения) по исследованным стратиграфическим подразделениям

Стратиграфическое подразделение	Количество пройденных скважин			Изученная суммарная мощность, %		
	общее	с зонами водопритоков	%	общая	зон водопритоков	%
S ₁ rk	18	17	95	258,9	61,0	23,6
S ₁ jurKr	22	9	41	96,4	13,2	13,7
S ₁ jurTm	28	16	57	150,1	24,8	16,5
S ₁ jurV+K	36	28	78	419,1	75,0	17,9
O ₃ рг	29	10	35	195,1	32,8	16,8
O ₃ ргA	18	15	83	190,7	36,4	19,1
O ₃ ргM	14	7	50	294,5	18,0	6,1
O ₃ рг	8	3	38	90,2	8,0	8,9
O ₃ пб — O ₂ jh	8	2	25	180,6	8,8	4,9
Итого				1875,6	278,0	14,8

сти и закарстованности пород. До последнего времени водообильность карбонатных пород связывалась больше всего с их вещественным составом (Верте, 1965; Йыгар, 1974). Водообильными считались карбонатные породы, свободные от разных примесей. Мергели и глинистые известняки с прослойками мергеля считались водоупорами. Однако собранный нами с помощью расходометрии фактический материал не подтверждает это. Наши исследования показывают, что водопритоки в скважины поступают из всех разновидностей пород. Наиболее часто водоносные слои располагаются на контактах литологических разновидностей пород. Связано это, по-видимому, с более слабыми контактами между породами различного литологического состава. По всей вероятности, именно такие поверхности (трещины) напластования представляют собой водоносные слои, с наличием которых связаны основные водопритоки в скважины. Можно предполагать, что под влиянием тектонических процессов наибольшие подвижки (отслоение и т. п.) происходили на контактах слоев с разными механическими свойствами.

Относительно слабые контакты между плотными известняками и прослойями мергеля имеются, например, в разрезе варболаской пачки. При неглубоком залегании мергели как малоустойчивые породы могут подвергаться суффозионным процессам, в результате которых в разрезе образуются водоносные трещины. Из вышесказанного следует очень важная роль текстурных особенностей пород, на что ранее внимания не обращалось.

Большое значение при распределении водоносных слоев имеет глубина залегания отдельных стратиграфических подразделений. Поэтому в пределах своих выходов, которые прослеживаются севернее описываемой территории, некоторые из выделенных слабопроницаемых стратиграфических подразделений становятся водоносными. Наоборот, с увеличением глубины залегания уменьшаются трещиноватость и закарстованность, определяющие фильтрационные свойства карбонатных пород.

Мощность зоны наибольшей трещиноватости и обводненности составляет около 75 м. На эту часть разреза падает около 97% среднего водопритока карбонатной толщи (рис. 4г). На глубине 75—140 м зарегистрированы лишь отдельные водопритоки.

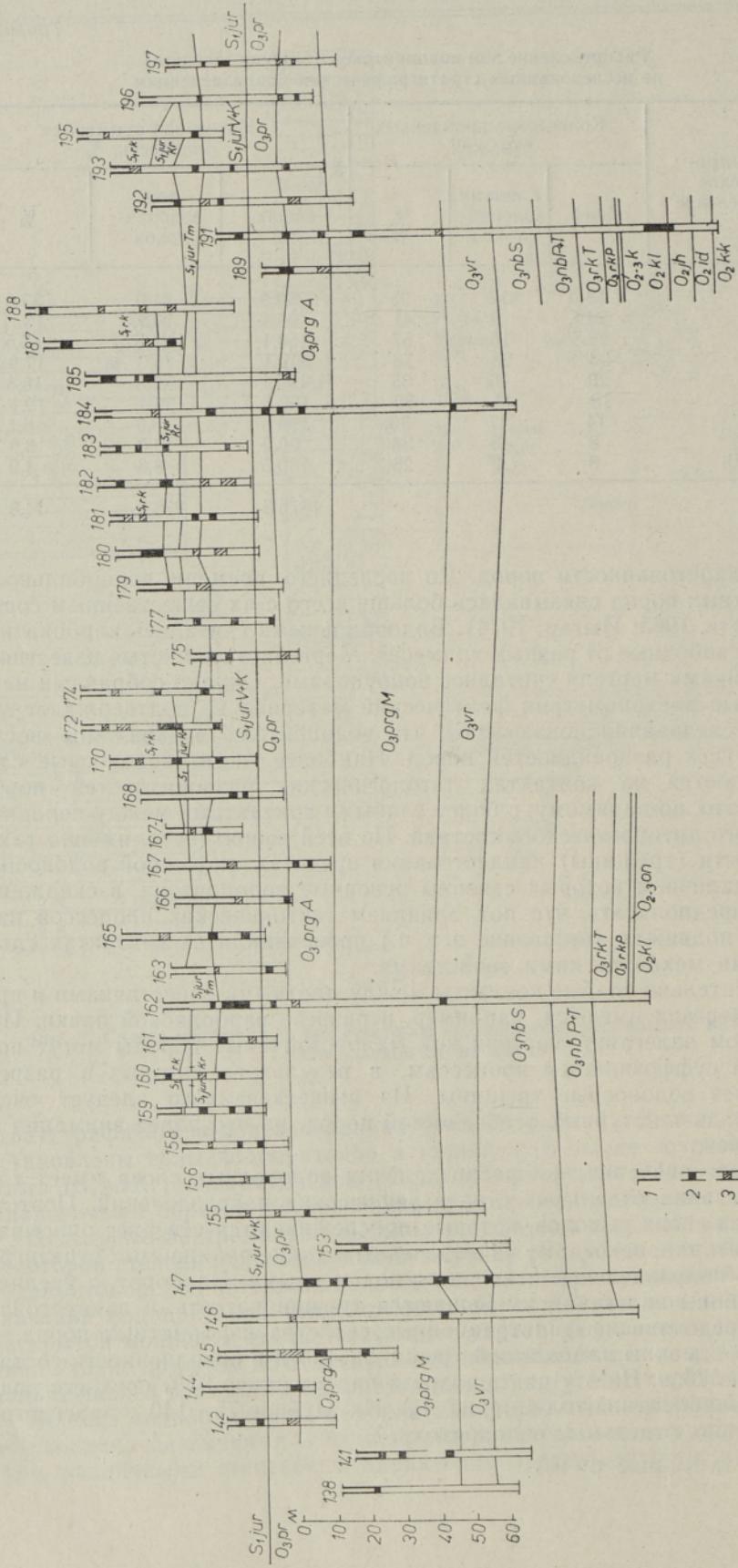


Рис. 3. Сводная схема расположения зон водопротоков и водологощений по скважинам. 1 — обсадные трубы, 2 — зона водопротока, 3 — зона водонприятия.

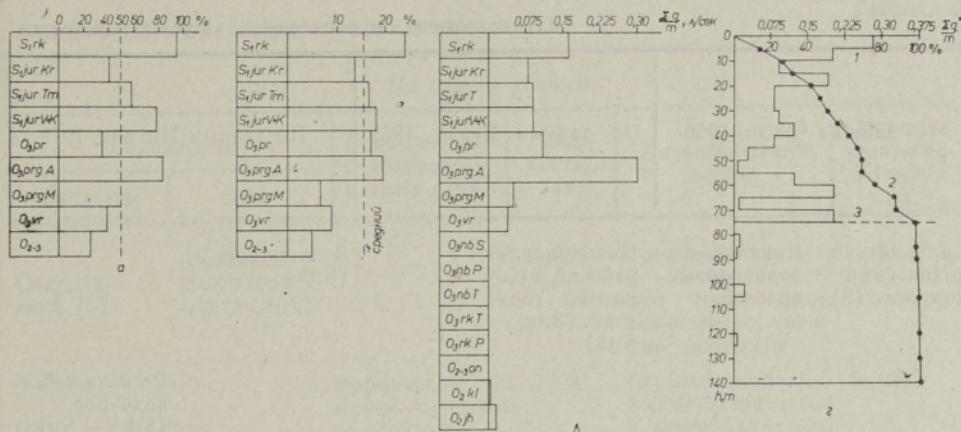


Рис. 4. Обобщенные результаты расходометрических исследований: а — эпюра количества скважин с зонами водопритока (водопоглощения), б — эпюра относительной мощности зон водопритоков (водопоглощений), в — эпюра обобщенных водопритоков (водопоглощений), г — эпюра поинтервальных обобщенных водопритоков (водопоглощений) (1), график водообильности (2) и граница наиболее обводненной толщи (3).

По относительной водообильности силурийско-ордовикскую карбонатную толщу можно в пределах изученной территории подразделить на ряд водоносных и относительно водоупорных слоев (табл. 2), которые описаны ниже.

Водоносные слои района крюласского горизонта (S₁rk) приурочены к доломитам и доломитистым известнякам, которые широко распространены в южной части изученной территории. В естественных условиях водоносные слои (зоны) разделяются на водоотдающие и водопоглощающие. Наличие в скважинах одного горизонта одновременно как водопоглощающих, так и водоотдающих слоев (зон) указывает на различия в пьезометрических уровнях отдельных водоносных слоев в пределах ограниченных территорий. Наиболее высокие значения обобщенных водопритоков (0,1—0,3 л/сек) отмечены в районе тектонических нарушений Пеэтри-Эсна (см. рис. 1).

Средний обобщенный водоприток 18 скважин составляет 0,16 л/сек.

Относительно слабопроницаемые слои каринусской пачки юурского горизонта (S₁jigKr) представлены на большей части участка почти чистыми дегритистыми известняками. Водопритоки установлены в 9 скважинах из 22 исследованных, т. е. составляют 41%. Мощность водоносных слоев равняется 13,7% суммарной мощности исследованного расходометрией разреза. Скважины с водопритоками из каринусской пачки сконцентрированы в меридиональной полосе от д. Валасте до д. Пеэтри, ширина которой 3—5 км. На остальной территории водопритоки в скважинах отсутствуют (см. рис. 1).

Водоносные слои юурского горизонта (S₁jig) приурочены к таммиуской, варболаской и койгисской пачкам юурского горизонта. Несмотря на значительную изменчивость литологического состава при вскрытии этих подразделений, скважин с водопритоками явно больше, чем скважин, из которых водопритоков не отмечалось. В таммиусской пачке количество скважин с водопритоками составляет 57, в варболаско-койгисской — 78%. Обобщенные водопритоки в основном составляют 0,01—0,1 л/сек. Хотя в целом описываемые пачки характеризуются как водоносные, отмечаются некоторые участки, в пределах которых

Гидрогеологическое расчленение карбонатной толщи

По данным Чебан, 1966	По данным Верте, 1965	По данным Иыгара, 1977
Силурийский водоносный комплекс (S)	Локальные водоупорные прослойки	Нижний силу- рийский водо- носный гори- зонт (S_1tm — S_1rk)
		Водоносный (S_1rk)
		Региональный водоупор (S_1tm — S_1rkI)
		Водоносный (S_1tm — S_1jr)
	Водоупор (S_1jurV)	Локальный водоупор (S_1jur)
Ордовикский водоносный комплекс (O_3prg — O_3kn)	Верхний ордо- викский водо- носный горизонт (O_3rk — O_3pk)	Водоносный (O_3pk — O_3prg)
		Локальный водоупор (O_3pgA)
		Региональный водоупор (O_3vr — O_3pgM)
		Водоносный (O_3rk — O_3nb)
		Локальный водоупор (O_3nb)

водопритоков в скважины не установлено. В таммиуской пачке такая зона протягивается от Ярва-Яани до д. Пеэтри. Отсутствием водоносных слоев выделяется также варболаская пачка южнее и восточнее линии Эсна-Пеэтри (см. рис. 1).

Относительно слабопроницаемые слои поркунинского горизонта (O_3rg) имеют почти повсеместное распространение. Из 29 исследованных скважин водопритоки (водопоглощения) отмечались лишь в 10, что составляет 35% их количества. Следует отметить, что эти 35% скважин с водопритоками сконцентрированы на трех небольших по площади участках. Около 90% территории характеризуется отсутствием водопритоков в скважины (см. рис. 2).

Водоносные слои адилаской пачки пиргуского горизонта (O_3prgA) являются наиболее выдержаным скоплением подземных вод ордовикского водоносного комплекса. Количество скважин с водопритоками составляет 83% общего количества исследованных скважин. Мощность водоносных зон равняется 19,1% общей мощности пачки. Средний обобщенный водоприток (0,30 л/сек) в 3—6 раз превышает обобщенные водопритоки других стратиграфических подразделений ордовика (см. рис. 2). Относительно высокая водообильность объясня-

западной части Пандиверской возвышенности

Таблица 2

По нашим данным					
Водоносные комплексы	слои	Относительно слабопрони- цаемые слои	Мощ- ность, м	Литологический состав	Индексы стратиграфи- ческих единиц
Силурий- ский (S)	Райккюла- ского гори- зонта (S_1rk)		до 36	Среднекомковатые и волнистослоинс- тые известняки, реже микрослойча- тые доломиты	S_1rk
	Каринуской пачки юуруско- го горизонта (S_1jurKr)		1—9	Скрытокристалли- ческие дегритистые и биоморфные из- вестняки	S_1jurKr
Юуруского горизонта (S_1jur)			12—25	Средневолнисто- слоистые глинистые известняки, ре- же дегритистые и биоморфные из- вестняки	S_1jurTm S_1jurV
Ордовик- ский (O)	Поркуниского горизонта (O_3prg)		5—12	Рифовые и чисто дегритистые извест- няки; песчаники, доломиты	O_3prg
	Адилаской пачки пир- гуского горизонта (O_3prgA)		5—18	Среднекомковатые глинистые дегри- тистые известняки	O_3prgA
	Верхнего и среднего ордовика ($O_3—O_2$)		100—130	Микро- и скрыто- криスタлические известняки	O_3prgM $O_3rk—O_3vr$ O_2

ется, по-видимому, литологическими и текстурными особенностями пачки, которая сложена среднекомковатыми дегритистыми глинистыми известняками или глинистыми доломитистыми известняками с прослойками мергеля. Для пачки характерны многочисленные поверхности перерыва.

Относительно слабопроницаемые слои верхнего и среднего ордовика ($O_3—O_2$) приурочены к скрыто- и микрокристаллическим известнякам набалаского и раквереского горизонтов, мозской пачки пиргуского горизонта и глинистым дегритистым известнякам вормсского горизонта верхнего ордовика и ко всем вскрытым горизонтам среднего ордовика. В пределах изученной глубины гидрогеологического разреза (в среднем до 50 м) наиболее распространенными по мощности подразделениями являются мозская пачка пиргуского горизонта и вормсский горизонт. Мощность водоносных зон составляет 6—9% общей мощности названных подразделений. С увеличением глубины залегания доля водоносных зон уменьшается до 4,9%. Интересно отметить, что в скв. 191, расположенной в пос. Роозна-Аллику, водопритоки установлены в глинистых известняках кейлаского и йыхвиского горизонтов на глубине 120—130 м, в то время как чистые скрыто- и микрокристаллические

известняки раквереского и набалаского горизонтов, залегающие значительно выше, были безводными.

В заключение следует сказать, что

- 1) водоносность карбонатных пород на Пандивереской возвышенности связана с относительно маломощными зонами, которые могут наблюдаться во всех стратиграфических подразделениях. Большая часть гидрогеологического разреза карбонатных пород практически безводна;
- 2) наиболее часто водоносные зоны отмечаются на контактах литологических разновидностей пород, в частности в глинистых комковатых известняках пиргуского и юуруского горизонтов;
- 3) подтверждается предположение П. Иыгара об условности и невыдержанности отдельных водоносных и водоупорных горизонтов, вследствие чего расчленение гидрогеологического разреза карбонатных пород можно проводить условно и только на основе статистической обработки материала;
- 4) некоторое отличие от ранее проведенных гидростратиграфикций (Верте, 1965; Иыгар, 1973, 1974) обусловлено, по-видимому, более точной корреляцией водоносных зон с геологическим разрезом в ходе расходометрических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Альтовский М. Е. Методические указания по составлению гидрогеологических карт масштабов 1 : 1 000 000 — 1 : 500 000 и 1 : 200 000 — 1 : 100 000 м. М., 1960.
- Верте А. Основные черты гидрогеологического строения и формирования подземных вод Эстонского артезианского бассейна. — Изв. АН ЭССР. Сер. биол., 1965, т. 14, № 4, с. 563—586.
- Гершанович И. М. Геофизические методы исследования гидрогеологических скважин. — В кн.: Методы геофизики в гидрогеологии и инженерной геологии. М., 1972.
- Иыгар П. Определение гидрогеологического строения при помощи суммарных уровней подземных вод. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1973, т. 22, № 4, с. 341—344.
- Иыгар П. Химический состав подземных вод как индикатор водоупорных свойств карбонатных пород. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1974, т. 23, № 2, с. 161—166.
- Иыгар П. О схеме гидростратиграфического расчленения карбонатных пород Северной Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1977, т. 26, № 2, с. 155—158.
- Плотников И. И. Опыт применения расходометрии скважин при гидрогеологических исследованиях на СУБР. — В кн.: Прогноз водопритоков в горные выработки и водозаборы подземных вод в трещиноватых и закарстованных породах. Недра, М., 1972.
- Чебан Э. Р. Характеристика водоносных комплексов горизонтов и водоупорных толщ. — В кн.: Гидрогеология СССР. М., 1966, т. XXX.

Управление геологии
Совета Министров ЭССР

Поступила в редакцию
28/VI 1977

R. PERENS

PANDIVERE KÖRGUSTIKU KARBONAATSETE KIVIMITE KIHTKONNA HÜDROGEOLOOGILINE LIIGENDAMINE PUURAUGUSISESTE VOOLUHULKADE MÖÖTMISE TEEL

Artiklis on käsitletud vettkandva kihikonna stratifitseerimist deebitite mõõtmise alusel puuraukude lahtistes vahemikes. Analüüsitud on 43 Pandivere körgustikul paikneva puurauga andmeid. Vettkandvat ja vett suhteliselt vähe juhtivad kihid on eristatud üksikute stratigraafiliste üksuste kohta arvutatud keskmiste vooluhulkade ning veetsoonide sageuse ja nende suhtelise paksuse alusel. Kuigi üksikuid veetsoone leidub kõigis stratigraaf-

filistes üksustes, on vettkandvateks kihtideks loetud neid üksusi, kus veetsoone on rohkem kui pooltes puuraukudes. Kõige sagedamini esineb veetsoone erineva litoloogilise koostisega kivimite kokkupuutekohtades ja suhteliselt savikates mugulja tekstuuriga pírgu ja juuru lademe kivimeis.

R. PERENS

HYDROGEOLOGICAL GROUPING OF CARBONATE ROCKS OF PANDIVERE UPLAND BY MEASURING FLOW AMOUNTS IN BOREHOLES

The author discusses the stratification of water-bearing strata on the basis of measuring the flow debits in the open intervals between the boreholes. The data of 43 boreholes situated in Pandivere Upland have been analysed. The water-bearing and the relatively less water-conducting beds have been differentiated in separate stratigraphical units on the bases of the calculation of mean flow amounts, frequency of water zones and their relative thicknesses. Though some single water zones occur in almost all the stratigraphical units, nevertheless only those beds have been considered water-bearing, in which water zones occur in more than a half of the boreholes. The water zones occur with the greatest frequency in the contact zones of rocks of different lithological composition and in rocks of a relatively clayey tuberous texture, e. g., in Pirgu and Juuru stages.