

ЭРНА ЧЕБАН

## ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ТАЛЛИНА

Существующее водоснабжение г. Таллина базируется на использовании поверхностных и подземных вод. Водохранилищем поверхностных вод является оз. Юлемисте, запасы которого пополняются по каналу из р. Пирита. Основным источником водоснабжения за счет подземных вод является лонтоваско-гдовский водоносный комплекс, при эксплуатации которого городу подается более 56 тыс. м<sup>3</sup>/сут высококачественной подземной воды. Правда, исторически уже сложилось так, что основная часть ее расходуется на нужды промышленных предприятий и учреждений, в ведении которых находятся скважины, и только одна треть общего водоотбора идет в коммунальный водопровод.

Интенсивное развитие народного хозяйства и рост культурного благосостояния трудящихся приводят к значительному росту водопотребления. Одним из наиболее дефицитных районов Эстонии в водохозяйственном отношении является столица республики — Таллин.

Недостаточная обеспеченность местными водными ресурсами послужила причиной более детального изучения условий водообеспеченности Таллина в настоящее время и на ближайшую перспективу (Jakobson и др., 1967; Чебан, 1967; Tšeban, 1968, 1969; Эйпре, 1967). Генеральной схемой использования и охраны водных ресурсов Эстонской ССР предусмотрено покрыть перспективную водопотребность за счет поверхностных вод (Kaļjūtāe и др., 1967). Разработанные для варианта использования поверхностных вод водохозяйственные мероприятия предусматривают сбор и переброску в оз. Юлемисте всех наиболее крупных поверхностных водотоков на расстоянии до 100 км от города, включая верховье р. Пярну. В дальнейшем предусматривается использование поверхностных вод Чудского озера. Преимуществом варианта использования поверхностных вод является возможность, помимо разрешения проблемы водоснабжения, улучшить санитарное состояние водотоков Северной Эстонии. Его недостатком является подверженность воды непосредственному загрязнению и относительно невысокое качество получаемой воды даже после соответствующих очисток, а также сомнительный экономический эффект.

Ниже рассматривается вариант покрытия нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения за счет использования подземных вод.

### Краткий обзор гидрогеологического строения района

В гидрогеологическом строении рассматриваемого района (до 100 км от города в направлении на юго-запад и восток) принимают участие следующие водоносные горизонты и комплексы (сверху вниз): четвер-

тичный, силурийский, ордовикский, пакерортско-пиритаский (кембро-ордовикский) и лонтоваско-гдовский (кембро-вендский). Последний благодаря наличию выдержанного водоупора в виде котлинских глин расчленяется в восточном направлении на два самостоятельных водоносных горизонта: ломоносовский и гдовский (см. схему). В западном и юго-западном направлениях котлинские глины, ввиду фациальной изменчивости, теряют свои водоупорные свойства, и вся терригенная толща, начиная с нижней части разреза лонтоваско-гдовского горизонта до гдовского горизонта включительно, рассматривается в качестве гидравлически взаимосвязанного лонтоваско-гдовского водоносного комплекса (Гидрогеология СССР, 1966).

Четвертичный водоносный комплекс может иметь практическое значение для целей централизованного водоснабжения в местах, где он представлен значительной по мощности толщей обводненных песчано-гравийных отложений. В рассматриваемом районе такие скопления приурочены к флювиогляциальной дельте Мяннику и погребенной долине Мустамяэ (г. Таллин), в восточном направлении от города — к погребенным долинам, расположенным вдоль северного побе-

Таблица 1

## Характеристика флювиогляциального водоносного горизонта

Водонункты	Мощность водовмещающих пород, м	Уровень воды от поверхности, м	Дебит скважин, л/сек	Понижение, м	Коэффициент фильтрации, м/сут
Мустамяэ (скважина)	48+	7	9,3	2,9	37
Мяннику (осредненные данные)	20—30	1—3	10	2	10—15
Вигала (скважина)	47+	Самоизлив	3,1	—	—
Кахала (скважина)	60	2	3,6	0,7	16
Валгейгы (скважина)	28+	2—3	1,8	2,9	17,5
Падаорг (скважина)	52	0,6—1	2,2	0,5	15

Схематическая гидрогеологическая карта района водовода  
Таллин—Лихула и Таллин—Падаорг:

На карте

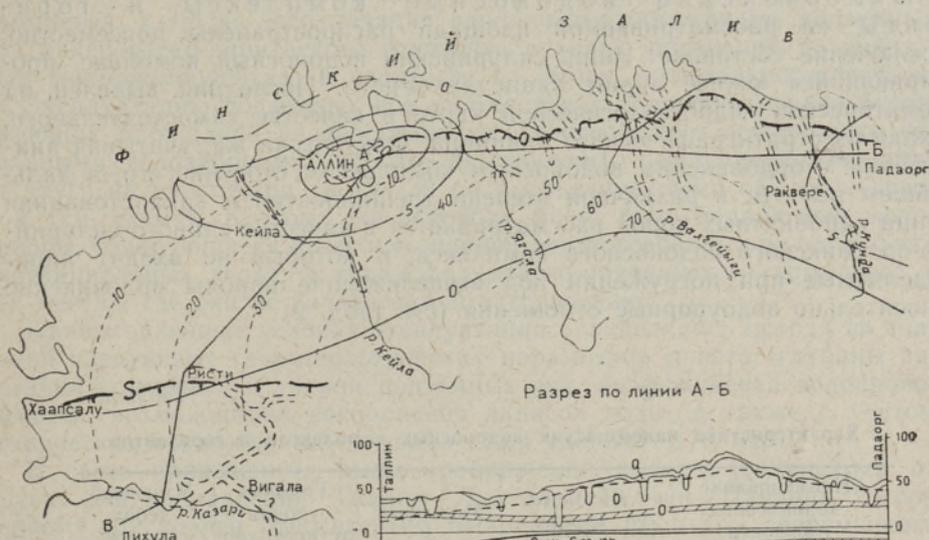
1 — линия водовода, она же линия гидрогеологического разреза; 2 — простираение древних погребенных долин (в том числе по геологическим предпосылкам); 3 — гидроизопезы пакерортско-пиритаского водоносного горизонта по состоянию на 1968 год; 4 — то же лонтоваско-гдовского водоносного комплекса; 5 — граница распространения водоносных комплексов.

На гидрогеологическом разрезе

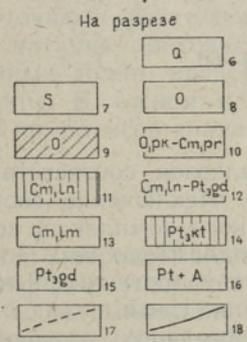
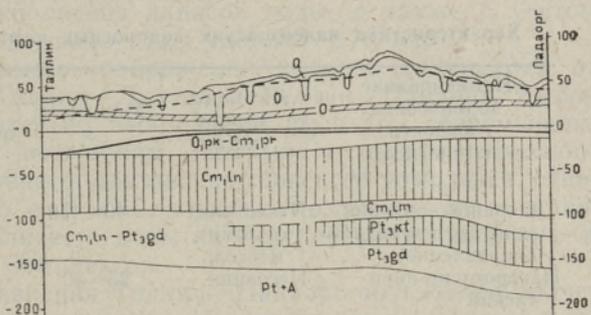
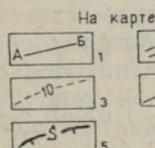
6 — четвертичный водоносный комплекс (торф, песок, супесь, суглинок и глина); 7 — силурийский водоносный комплекс (известняк, доломит, мергель с прослоями глин); 8 — ордовикский водоносный комплекс (известняк, мергель, доломит с прослоями глин); 9 — ордовикские относительно водоупорные отложения (песчаник глауконитовый, глина, сланец диктиономовый, известняк глинистый); 10 — пакерортско-пиритаский (кембро-ордовикский) водоносный горизонт (песок, песчаник, алевролит с прослоями глин); 11 — водоупорные лонтоваские отложения (глина); 12 — лонтоваско-гдовский (кембро-вендский) водоносный комплекс (песчаник разнозернистый, алевролит с прослоями глин); 13 — ломоносовский водоносный горизонт (песчаник мелкозернистый); 14 — водоупорные котлинские отложения (глина с прослоями алевролита); 15 — гдовский водоносный горизонт (песчаник разнозернистый); 16 — подземные воды зоны трещиноватости протерозойско-архейского комплекса (гранит, гранито-гнейс); 17 — пьезометрический уровень подземных вод пакерортско-пиритаского водоносного горизонта; 18 — то же лонтоваско-гдовского водоносного комплекса.

режья Эстонии (Кахала, Валгейги, Падаорг и др.), и в юго-западном — к району Рийзипере—Ристи—Вигала. Некоторые данные по флювиогляциальному водоносному горизонту для конкретных скважин приведены в табл. 1.

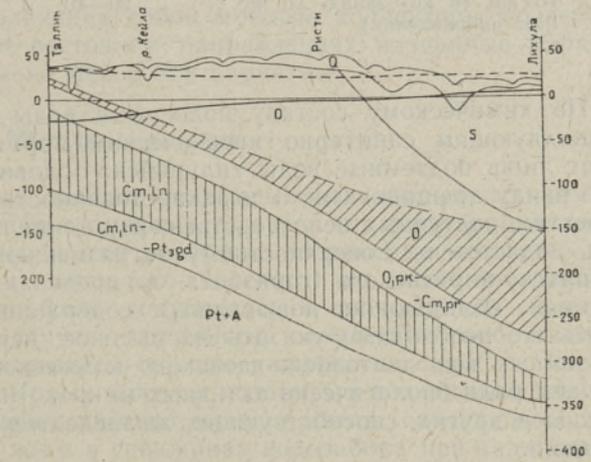
В качестве примечания к таблице необходимо добавить, что приведенные в ней сведения вследствие различной степени их достоверности следует в основном рассматривать как рекогносцировочные. Так, например, достаточно обоснованными можно считать данные опытно-эксплуатационной скважины Мустамяэ (расположенной под урезом



Разрез по линии А-В



Разрез по линии А-В



склона), так как они получены в ходе длительных опытных откачек из специально оборудованных скважин. По скважинам Кахала, Валге-йыги и Падаорг действительные значения гидрогеологических параметров флювиогляциального водоносного горизонта, учитывая кратковременность откачек и разведочный диаметр скважин, могут быть скорее занижены, чем завышены. В целом необходимо отметить, что по отдельным скважинам нельзя еще судить о площади распространения и глубине вреза погребенных долин, заполненных песчано-гравийными отложениями. А эти сведения являются одними из определяющих при оценке месторождений подземных вод.

Палеозойские водоносные комплексы и горизонты на рассматриваемой площади распространены повсеместно. Исключение составляет лишь силурийский водоносный комплекс, простирающийся южнее линии Хаапсалу—Ристи. Последний выделен на схематической гидрогеологической карте в качестве самостоятельного, исходя из стратиграфического принципа. Фактически же, учитывая аналогичное с ордовикским водоносным комплексом строение его, в дальнейшем вся эта в различной степени трещиноватая и закарстованная толща карбонатных пород рассматривается в качестве единого силурийско-ордовикского водоносного комплекса, в который не входят лишь выделяемые при погружении под вышележащие породы ордовикские относительно водоупорные отложения (см. табл. 2).

Таблица 2

## Характеристика палеозойских водоносных комплексов и горизонтов

Наименование водоносного горизонта, комплекса	Литологический состав	Мощность, м	Глубина уровня от поверхности, м	Удельный дебит скважин, л/сек
Силурийско-ордовикский (юго-западное направление)	Известняк, доломит, мергель	40—150	1—3	0,5—5
Пакерортско-пиритаский	Песчаник	25—30	10—20	0,5—1
Лонтоваско-гдовский (северное побережье)	Песчаник, алевролит	60—80	40—60	2—5
То же (в юго-западном направлении)	То же	20—40	10—60	1—3

По химическому составу подземные воды палеозоя соответствуют существующим санитарно-гигиеническим нормам. Исключение составляют лишь подземные воды силурийско-ордовикского комплекса, которые ввиду трещиноватости и закарстованности водовмещающих пород в местах, доступных непосредственному влиянию антропогенных факторов, подвержены поверхностному загрязнению, и подземные воды пакерортско-пиритаского горизонта в пределах западного побережья Эстонии, обладающие повышенным содержанием (2—6 мг/л) фтора. Здесь же необходимо указать на высокое, нередко лечебное качество подземных вод лонтоваско-гдовского комплекса, обусловленное содержанием ряда биологически активных микрокомпонентов — йода, брома, радона и других, способствующих жизнедеятельности человеческого организма.

## Выбор возможных источников подземных вод

При выборе возможных вариантов в направлении до 100 км на восток и юго-восток от Таллина исследовались наивыгоднейшие условия с точки зрения получения максимального количества воды при минимальной длине водовода. При этом источником подземных вод, на который делалась основная ставка, являлся лонтоваско-гдовский водоносный комплекс. Параллельно с ним немаловажную роль при выборе направления играли и воды флювиогляциального водоносного горизонта. При наличии гидрогеологических предпосылок не исключалась возможность использования подземных вод силурийско-ордовикского комплекса, а также эксплуатация единичными скважинами подземных вод пакерортско-пиритаского горизонта с целью получения по некоторым микрокомпонентам, в частности по фтору, оптимального состава.

Эксплуатацию подземных вод палеозойских водоносных комплексов, имеющих площадное распространение, целесообразно осуществить отдельными водозаборами (по 20—30 скважин), расположенными друг от друга на расстоянии до 15—30 км и объединенными общим водоводом (см. схему). К этому же водоводу могут быть подключены водозаборы, базирующиеся на использовании вод погребенных долин и флювиогляциальных дельт, а также силурийско-ордовикского комплекса в тех местах, где они не подвергаются загрязнению.

Наивыгоднейшие условия эксплуатации определялись исходя из значений следующих гидрогеологических параметров пласта: глубины залегания комплекса и уровня подземных вод, коэффициента водопроницаемости, возможностей восполнения запасов воды, а также с учетом технических возможностей подъема воды (до 150—170 м).

В свете приведенных выше соображений выгодно отличаются от других два направления: Таллин—Лихула и Таллин—Падаорг. Выбор первого обусловлен относительно небольшими высотами современного рельефа и соответственно неглубоким залеганием пьезометрического уровня подземных вод основного, лонтоваско-гдовского комплекса, относительной водообильностью его, возможностью получения по пути водовода дополнительных количеств воды из силурийско-ордовикского и четвертичного водоносных комплексов.

Выбор восточного направления Таллин—Падаорг обусловлен значительной водообильностью комплекса, что подтверждается многочисленными точками эксплуатации, наличием по линии водовода местной области питания лонтоваско-гдовского комплекса, а также древних погребенных долин, представляющих собой мощные коллекторы подземной воды. В южном и юго-восточном направлениях названные параметры комплексов значительно менее благоприятны.

## Методика расчета

Расчет эксплуатационных запасов подземных вод водоносных комплексов проводился, исходя из граничных условий, для погребенных долин по схеме пласт—полоса и для напорных водоносных комплексов (пакерортско-пиритаского и лонтоваско-гдовского) по схеме неограниченного пласта. Такая условность допускалась в целях общей схематизации расчетов. Во всех случаях полученные результаты сопоставлялись с данными водозаборов-аналогов, при наличии таковых.

Для оценки эксплуатационных запасов подземных вод нижних комплексов применялся гидродинамический метод расчета, сводившийся к расчету понижения уровня воды в скважинах водозабора при заданном

дебите и в расчетные сроки эксплуатации:  $T_1 = 10\,000$  суток (27,5 лет) и  $T_2 = 20\,000$  суток (55 лет). Движение подземных вод — неустановившееся. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод производилась с учетом взаимодействия водозаборов, в том числе и существующего таллинского. Одним из основных критериев при подсчете запасов вод лонтоваско-гдовского комплекса было соблюдение по линии водоводов такого режима водоотбора, при котором в Таллине сохранились бы напорные условия.

Преимущество примененного метода заключается в том, что он является и динамическим, и балансовым, следовательно одновременно учитывает и сработку, и восполнение запасов (Биндеман, 1963; Гольдберг, Язвин, 1966).

Расчет взаимодействия водозаборов основывается на методе наложения течений (суперпозиции). Понижение уровня воды в скважинах водозабора ( $S_{\text{расч}}$ ) складывается из понижения при работе его как одиночного, т. е. без взаимодействия с другими ( $S_{\text{экспл}}$ ), суммы понижений, вызванных работой соседних водозаборов ( $S_{\text{вл}}$ ), и гидравлического сопротивления фильтра ( $\Delta S$ ):

$$S_{\text{расч}} = S_{\text{экспл}} + S_{\text{вл}} + \Delta S;$$

$$S_{\text{расч}} = \frac{Q_I}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{r_k^2} + \frac{Q_{II}}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{R_I^2} + \dots +$$

$$+ \frac{Q_n}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{R_n^2} + \Delta S = \frac{1}{4\pi km} \left( Q_I \frac{2,25at}{r_k^2} + \sum_{i=1}^n Q_i \ln \frac{2,25at}{R_i^2} \right) + \Delta S,$$

- где  $Q_I$  — дебит рассматриваемого водозабора,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;  
 $Q_i$  — дебит водозабора, имеющий номер  $i$ ;  
 $R_i$  — расстояние от рассматриваемого водозабора до водозабора, имеющего номер  $i$  ( $i = I, II, \dots, n$ ),  $\text{м}$ ;  
 $km$  — водопроводимость пласта,  $\text{м}^2/\text{сут}$ ;  
 $a$  — коэффициент пьезопроводности,  $\text{м}^2/\text{сут}$ ;  
 $t$  — расчетный срок эксплуатации,  $\text{сут}$ ;  
 $r_k$  — радиус «большого колодца»,  $\text{м}$ .

При расположении скважин, эксплуатируемых с равным дебитом, на одной линии и на равных расстояниях друг от друга для расчета понижения уровня воды в скважинах водозабора заданного ряда реальный ряд скважин заменяется «большим колодцем». В этом случае радиус «большого колодца» —  $r_k$  определяется по формуле Н. Веригина (1962):

$$r_k = \lambda \left( \frac{r_0}{\lambda} \right)^{\frac{1}{n}} \varphi,$$

- где  $\lambda$  — расстояние между скважинами,  $\text{м}$ ;  
 $n$  — нечетное число ряда;  
 $\varphi$  — функция, зависящая от числа скважин ряда (по графику).  
 Гидравлическое сопротивление фильтра определяется по формуле

$$\Delta S = \frac{Q_0}{2\pi km} \ln \frac{\sigma_0}{\pi r_0},$$

- где  $Q_0$  — дебит одиночной скважины, заданный по данным эксплуатации,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;  
 $\sigma_0$  — половина расстояния между скважинами,  $\text{м}$ ;  
 $r_0$  — радиус скважины,  $\text{м}$ .

По заданному понижению уровня устанавливается возможность получения требуемого количества воды в течение заданного расчетного срока. Эта возможность определяется величиной расчетного понижения уровня; должно выдерживаться соотношение  $S_{\text{расч}} \leq S_{\text{доп}}$ , где  $S_{\text{доп}}$  — допустимое понижение уровня (задается исходя из гидрогеологических условий и технических возможностей подъема воды).

При  $S_{\text{расч}} < S_{\text{доп}}$  проектируемый дебит водозабора может быть увеличен или при сохранении проектного дебита может быть сокращено количество скважин и увеличено расстояние между ними.

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод погребенных долин, перспективных с точки зрения водоснабжения, сводилась к определению понижения уровня воды на водозаборе к концу расчетного срока по уравнению неустановившегося движения с учетом сопротивления внутри обобщенной системы по формуле, предложенной Государственным комитетом по запасам при расчете запасов грунтовых вод по погребенной долине Вазавере:

$$S = h_e - \sqrt{h_e^2 - \frac{Q_{\text{сум}}}{2\pi k} \ln \frac{16,4at}{l^2} - \frac{Q_0}{\pi k} \ln \frac{\sigma}{\pi r_0}},$$

где  $S$  — понижение уровня в центральной скважине линейного водозабора, м;

$h_e$  — мощность водоносного пласта, м;

$Q_{\text{сум}}$  — проектная производительность водозабора, м<sup>3</sup>/сут;

$k$  — коэффициент фильтрации, м<sup>2</sup>/сут;

$a$  — коэффициент уронепродности, м<sup>2</sup>/сут;

$\sigma$  — половина расстояния между скважинами в водозаборе, м;

$r_0$  — радиус скважины, м;

$l$  — длина водозабора, м.

Кроме того, ориентировочные данные о величине эксплуатационных запасов подземных вод, отвечающие требованиям, предъявляемым к их оценке по низким категориям для малоизученных погребенных долин, располагающихся в однотипных условиях, получены по методу аналогии (Биндеман, 1963). Расчеты проводились преимущественно симплекс-методом на электронно-вычислительной машине «Минск-22» и частично, для сопоставления, вручную. Расчет на ЭВМ позволяет из многих комбинаций выделить оптимальный вариант расположения водозаборов с заданной производительностью.

Пределы принятых расчетных гидрогеологических параметров по выбранным веткам водоводов, а также основные результаты расчетов приведены в табл. 3.

Рекогносцировочные запасы подземных вод четвертичного водоносного комплекса (погребенные долины, флювиогляциальные дельты, кармовые поля) составляют по линии Таллин—Лихула 44 тыс. м<sup>3</sup>/сут, по линии Таллин—Падаорг — 72 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Итого эксплуатационные запасы подземных вод (без учета силурийско-ордовикского комплекса) на первый расчетный срок —  $T_1$  составляют: по линии Таллин—Лихула около 234 тыс. м<sup>3</sup>/сут, по линии Таллин—Падаорг около 208 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Исходя из проведенных гидрогеологических сопоставлений и экономических раскладок, автор предлагает покрыть дефицит хозяйственно-питьевых вод для г. Таллина эксплуатацией в основном двух водоносных комплексов: четвертичного и лонтоваско-гдовского либо в направлении Таллин—Падаорг, либо с выводом водовода в обоих направлениях (Таллин—Ристи, Таллин—Валгейги) на более короткое расстоя-

Таблица 3

## Сравнительная характеристика выбранных направлений водовода

Гидрогеологические параметры	Таллин	Таллин— Лихула	Таллин— Падаорг
Пакерортско-пиритаский водоносный горизонт			
Допустимое понижение уровня воды, исходя из сохранения напорного режима, м	10	62—270	15—40
Расстояние между водозаборами, км	—	15—30	15—30
Абсолютная отметка рельефа местности, м	38	10—50	37—68
Глубина залегания уровня воды, м	8	+5—25	5—10
Мощность водоносного пласта, м	34	40—47	28—38
Глубина совершенных скважин, м	52	115—312	65—86
Коэффициент пьезопроводности, м <sup>2</sup> /сут	5 · 10 <sup>4</sup>	1 · 10 <sup>6</sup>	5 · 10 <sup>4</sup>
Коэффициент водопроводности, м <sup>2</sup> /сут	100—150	100—150	100—150
Расчетная производительность одной скважины, м <sup>3</sup> /сут	100—150	100—300	300—400
Расчетная производительность горизонта, тыс. м <sup>3</sup> /сут	$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \text{ 2,5}^* \\ T_2 \text{ 3,5}^* \end{array} \right.$	67 54	23 17
Расчетное понижение уровня воды, м	$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \text{ 5} \\ T_2 \text{ 7} \end{array} \right.$	59—130 59—130	7—37 7—37
Максимальная глубина динамического уровня от поверхности, м	$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \text{ 13} \\ T_2 \text{ 15} \end{array} \right.$	70—130 70—130	17—53 17—53
Лонтоваско-гдовский водоносный комплекс			
Допустимое понижение уровня воды, исходя из сохранения напорного режима, м	50	150—335	88—95
Расстояние между водозаборами, км	—	15—30	15—25
Абсолютная отметка рельефа местности, км	—	10—50	37—68
Глубина залегания уровня воды, м	58	9—52	42—70
Мощность водоносного пласта, м	60	21—37	60—65
Глубина совершенных скважин, м	175	232—365	190—240
Коэффициент пьезопроводности, м <sup>2</sup> /сут	6 · 10 <sup>5</sup>	6 · 10 <sup>5</sup> —	5 · 10 <sup>5</sup>
Расчетная производительность одной скважины, м <sup>3</sup> /сут	700—1000	—3 · 10 <sup>6</sup>	900
Коэффициент водопроводности, м <sup>2</sup> /сут	650	500—900	400—600
Расчетная производительность комплекса, тыс. м <sup>3</sup> /сут	$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \text{ 60}^* \\ T_2 \text{ 60}^* \end{array} \right.$	123 88	113 97
Расчетное понижение уровня воды, м	$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \text{ 24}_п; \text{ 47}_л^{**} \\ T_2 \text{ 32}_п; \text{ 46}_л^{**} \end{array} \right.$	124—168 124—161	67—82 67—82
Максимальная глубина динамического уровня от поверхности, м	$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \text{ 105} \\ T_2 \text{ 105} \end{array} \right.$	169—177 168—177	122—147 122—147

\* Данные фактической эксплуатации.

\*\* 24<sub>п</sub> и 32<sub>п</sub> — в случае эксплуатации водовода по линии Таллин—Падаорг; 47<sub>л</sub> — то же по линии Таллин—Лихула.

ние. При этом в направлении Таллин—Ристи предусматривается использование других сопутствующих водоносных комплексов, о чем было сказано выше.

Размер капиталовложений и себестоимость воды, определенные для подземных вод геологом К. Стумбуром, при последнем варианте расположения водозаборов являются наименьшими.

В целом затраты, связанные с водообеспечением г. Таллина на ближайшую перспективу за счет как поверхностных, так и подземных вод, вполне сопоставимы и по капиталовложениям колеблются в пределах 30—32 млн. руб., а по себестоимости воды — между 3,2 и 3,7 коп. за 1 м<sup>3</sup> воды.

### Заключение и дальнейшее направление работ

Таким образом, для разрешения проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Таллина целесообразен вариант преобладающего использования подземных вод. В экономическом отношении этот вариант может вполне конкурировать с вариантом преимущественного использования поверхностных вод. Это тем более очевидно, что имеются еще не учтенные резервы. Например, не переведено еще на денежный показатель время. Имеется в виду, что при варианте использования подземных вод возможно постепенное, по мере потребностей, наращивание мощностей водоотбора. Это безусловно дает определенное экономическое преимущество перед вариантом снабжения города поверхностными водами Чудского озера по каналу (Kaljumäe и др., 1967). Также не переведенным на экономический показатель осталось высокое качество подземной воды, ее защищенность от различных видов загрязнения и т. д.

Однако представленные выводы являются предварительными и требуют более глубокого и детального обоснования путем проведения соответствующих тематических, опытно-разведочных и гидрогеологических работ. В частности, для увеличения экономической эффективности предлагаемого варианта должны быть выполнены следующие работы:

1. Разработка методов увеличения производительности эксплуатационных на воду скважин путем применения более совершенных методов улучшения конструкций фильтров и призабойной части скважин (пескоструйная перфорация, гидроразрыв и т. д.).

2. Изучение возможностей строительства горизонтальных лучевых водозаборов с целью более совершенной эксплуатации песчано-гравийных отложений четвертичного водоносного комплекса и применения сифонного метода водоотбора (Tšeban, 1968a).

3. Разработка мероприятий, предотвращающих пескование скважин в условиях значительных водоотборов (1000 м<sup>3</sup>/сут и больше).

4. Определение самоочищающей способности подземных вод, в первую очередь заключенных в песчано-гравийных отложениях четвертичного возраста.

5. В случае возникновения опасности подсоса морских вод в основной водоносный горизонт в районе Таллина разработка мероприятий, предотвращающих их дальнейшее проникновение.

6. Проведение исследовательских работ по определению наилучшего химического состава подземных вод в условиях смешения вод нескольких горизонтов.

7. Прогнозирование снижения уровня и уточнение расчетных величин эксплуатационных запасов подземных вод методом моделирования.

8. Определение экономического эффекта, получаемого при постепенном (ступенчатом) подключении водозаборов к потребителю (для сопоставления с вариантом поверхностных вод).

### ЛИТЕРАТУРА

- Биндеман Н. Н. 1963. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М.  
Веригин Н. Н. 1962. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М.  
Гольдберг В. М., Язвин Л. С. 1966. Методические указания по оценке эксплуатационных запасов термальных вод. ВСЕГИНГЕО. (Ротапринт).  
Гидрогеология СССР, т. XXX. Эстонская ССР. 1966.

- Чебан Э. Р. 1967. Гидроминеральные ресурсы в свете комплексной территориальной планировки Эстонской ССР. Материалы науч. конф. «Природные ресурсы как основа комплексной территориальной планировки Эстонской ССР», ТГУ.
- Эйпре Т. Ф. 1967. Характеристика поверхностных водных ресурсов и возможности их использования при комплексной территориальной планировке. Материалы науч. конф. «Природные ресурсы как основа комплексной территориальной планировки Эстонской ССР», ТГУ.
- Jakobson G., Kivi A., Lond H., Soik A. 1967. Tallinna vesi ja sajandid. Tallinn.
- Kaljumäe J., Kirt E., Velner H., Välbe M. 1967. Veekogude kaitse — kaasaja aktuaalsemaid probleeme. Tallinn.
- Tšeban E. 1968a. Põhjaveehaarde rajamise uus meetod. Inf. seeria VII. Kom. maj, ja elukondl. teenind., nr. 2. Tallinn.
- Tšeban E. 1968b. Tallinnale põhjavett. Inf. seeria VII. Kom. maj. ja eluk. teenind., nr. 3. Tallinn.
- Tšeban E. 1969. Linnale vesivarustus. Eesti Loodus, nr. 1.

Управление геологии  
Совета Министров Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
18/XII 1968

#### ERNA TSEBAN

### ÜHEST TALLINNA LINNA VEEGA VARUSTAMISE VARIANDIST

Käsitletakse võimalust varustada Tallinna veega põhjavete arvel. Selleks nähakse ette veejuhtmestiku ehitamine Tallinnast edela- või idasuunas. Põhiosa veest saadakse seejuures lontova-gdovi ja kvaternaari (fluvioglatsiaalsete setete) kompleksidest. Edela-suunas tuleb kohati kõne alla siluri ja ordoviitsiumi vete osaline kasutamine. Põhjavete eksploateerimiseks ehitatakse veehaarded, s. o. 20—30 puurkaevust koosnevad ja vee-trassil üksteisest 15—30 km kaugusel paiknevad kaevude rühmad. Arvutused kinnitavad, et põhjavete arvel on võimalik tallinlaste majandus- ja joogivee tarbimist rahuldada nii lähemas tulevikus kui ka edaspidi.

Esitatakse selle variandi elluviimiseks vajalike täiendavate teaduslike uurimistööde loetelu.

#### ERNA CHEBAN

### ON ONE VARIANT OF SUPPLYING TALLINN WITH WATER

The article deals with possible variants of supplying Tallinn with water, making use of underground waters. For that purpose, the construction of a water line is foreseen either in the southwestern or eastern direction. The main water-bearing strata to be exploited are of Lower-Cambrian and Quaternary origin. Besides, if preference is given to the construction of the water pressure main in the southwestern direction, it will be possible to make local use of the Silurian-Ordovician water-bearing strata. It is proposed to effect the exploitation of ground waters by separate water sumps (containing 20—30 water wells each) placed at a distance of 15—30 km from each other, along the water-line track. The calculations made with the help of an electronic computer assert the possibility of providing for the demand of communal drinking-water and drinking-water at the expense of underground waters, both in the nearest years as well as further on.

The author presents a list of researches which have to be carried out so as to enable the realization of the proposed variant.