

Геология

УДК 556.3.01:626.87

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПРОХОДКОЙ ДРЕНАЖНОЙ  
ГАЛЕРЕИ, ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА ГОРОДА ЕРЕВАНА

Ж. А. АЧОЯН\*

*Кафедра гидрогеологии и инженерной геологии ЕГУ, Армения*

В ряду работ, направленных на восстановление бесперебойной работы Ереванского метрополитена, особое значение имеют мероприятия по снижению уровня грунтовых вод на территориях, прилегающих к станциям метрополитена в центральной части города. В статье обосновывается возможность осуществления этих работ сооружением горизонтальной дренажной галереи. Гидрогеологические расчеты показали, что с ее помощью через существующую штольно можно удалить воду со скоростью 445,5 л/с. При этом уровень подземных вод снижается на расстоянии 50–70 м от линии проезжих тоннелей и устанавливается на 3–5 м ниже дна указанных сооружений.

Таким образом, сооружение дренажной галереи наряду с другими восстановительными мероприятиями будет способствовать нормальной и бесперебойной работе метрополитена г. Еревана на длительный срок эксплуатации.

**Ключевые слова:** водоносный горизонт, депрессионная кривая, гидравлический уклон, удельный дебит, фильтрационные параметры.

Между Правительством Республики Армения и Европейским Банком реконструкции и развития по соглашению от 10.03.2010 г. была принята программа по восстановлению Ереванского метрополитена. С целью обеспечения бесперебойной и безаварийной работы метрополитена на технико-экономическом этапе программы, наряду с другими видами работ, предусмотрено также сооружение дренажной галереи (дренажный тоннель–однолинейный горизонтальный дренаж) на участке между станциями “Зоравар Андраник” и “Площадь Республики” для понижения уровня подземных вод ниже подошвы указанных станций и линий проходных тоннелей. Галерея должна проходить от станции “Зоравар Андраник” до станции “Площадь Республики” с правой стороны, параллельно линии метрополитена и на расстоянии 3,0–7,1 м от него, на глубине 5,6–11,6 м от днища станций и проходных тоннелей метрополитена с подсоединением к существующей самотечной водоотводящей штольне. Общая длина галереи 920 м, сечение

\* E-mail: [zhora.achoyan@ysu.am](mailto:zhora.achoyan@ysu.am)

аркообразной формы с шириной 3,2 м и высотой 3,0 м. Водоотводящая штольня для отвода транзитных подземных вод, образовавшихся в межрельсовом пространстве метрополитена, начинается на 50 м выше станции “Зорава́р Андраник” и через 1300 м впадает в реку Раздан [1].

Следует отметить, что схема водопонижения центральной части Еревана, обеспечивающая бесперебойную работу метрополитена, была представлена еще в 1993–1994 гг. [2, 3]. Однако из-за отсутствия финансирования она должного развития не получила. Обычно эффективность подземных инженерных сооружений такого типа оценивается по водопонижающей способности и бесперебойному отводу образовавшихся в них вод. Для характеристики этих показателей нами, на основе геофильтрационной схемы фильтрующей среды изучаемого участка, проведены соответствующие расчеты. Ниже приводится краткое описание гидрогеологических условий [1, 2, 4].

Отрезок линии изучаемого участка между станциями “Зорава́р Андраник”–“Еритасардакан” проходит по центральной части г. Еревана и расположен в конусе выноса р. Гетар в пределах Ереванской котловины. Последняя представляет собой своеобразную погребенную ложбинообразную низменность. Здесь водовмещающими породами являются типичные образования предгорных шлейфов-конусов выноса, представленные крупными глыбами, валунами и гравием, реже, щебнем и дресвой с разнозернистыми песчаным, супесчаным и глинистым заполнителями.

На расстоянии около 500 м к югу, юго-востоку от станции “Площадь Республики” в нижних слоях водоносного горизонта довольно большое развитие имеют андезит-базальты. Их верхний слой мощностью 15–20 м сильно трещиноватый и является частью водовмещающих пород водоносного горизонта, водоупором которого являются плотные базальты и андезит-базальты. Мощность водоносного горизонта в зависимости от подстилающего водоупорного рельефа, эрозионно-аккумулятивной деятельности р. Гетар и гипсометрического положения уровня подземных вод на рассматриваемом участке изменяется от 27 до 46 м. При этом фациальная изменчивость по простиранию водовмещающих пород больше, чем по разрезу. Подземные воды в гидравлическом отношении являются безнапорными (грунтовыми).

В настоящее время движение подземных вод происходит по направлению с северо-востока на юг и юго-запад. При этом линия проектируемой дренажной галереи пройдет под углом к движению подземных вод. Наблюдается довольно большое различие гидравлического уклона правой и левой сторон по линии дренажной галереи [4].

Дренажная галерея в нашем случае представляет собой однолинейный дренаж, проходящей на некоторой глубине от поверхности земли. В соответствии с гидрогеологическими условиями центральной части Еревана и типа дренажа (несовершенный) при установившемся режиме фильтрации и горизонтальном залегании водоупора (неровный рельеф водоупора нами усреднен и принят горизонтальным) дебит дренажа можно определить по формуле, предложенной А.В. Романовым [5] (рис. 1):

$$Q_0 = \frac{k}{2} \left[ \frac{h_1^2}{B_1} + \frac{h_2^2}{B_2} + \frac{2,73(H_S - T)}{\lg(T/\pi r_0) + 1,36 B_1 B_2 / T(B_1 + B_2)} \right], \quad (1)$$

где  $Q_0$  – приток воды в дренажную галерею на 1 м ее длины,  $м^2/сут.$ ;  $k$  – коэффициент фильтрации дренируемого пласта (водоносного горизонта),  $м/сут.$ ;  $r_0$  – радиус дренажной галереи ( $\approx$  можно принять равным  $0,6b$ , где  $b$  – ширина галереи,  $м$ );  $B_1$  – расстояние от дренажной галереи по левой стороне (вниз по потоку) до некоторой точки, где влияние дрена на понижение уровня подземных вод уже не сказывается, приближенно можно принять равным  $B_1 = R - RI_1$ ;  $B_2$  – то же на правой стороне (вверх по потоку),  $B_2 = R + RI_2$ ;  $R$  – радиус влияния дренажной галереи (радиус депрессии),  $м$ ;  $I_1, I_2$  – естественные гидравлические уклоны соответственно по левую и правую стороны от дрены;  $T$  – превышение уровня воды в последней над водоупором (линия АБ),  $м$ . Остальные обозначения показаны на рис. 1.

Радиус депрессии можно определить по формуле Кусакина И.П. [5]:

$$R = \sqrt{r_0^2 + 30 S k H_{cp}}, \quad (2)$$

где  $S$  – величина понижения уровня подземных вод в дренажной галерее,  $м$ ;  $H_{cp}$  – мощность водоносного горизонта в естественных условиях,  $м$ ;  $H_{cp} = \frac{H_1 + H_2 + H_s}{3}$  (рис. 1).

Исходя из характеристики параметров водовмещающих пород и водоносного горизонта, линия дренажной галереи разделена на два участка (отрезка) и для каждого участка отдельно применены соответствующие фильтрационные расчеты.

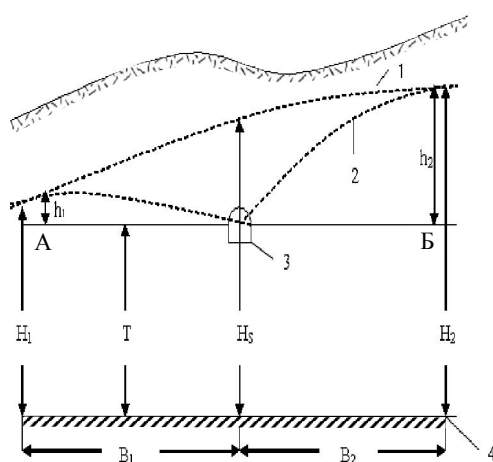


Рис. 1. Расчетная схема однолинейного горизонтального дренажа несовершенного типа: 1 – статический уровень; 2 – депрессионная кривая; 3 – дренажная галерея; 4 – водоупор.

Длина первого отрезка (1), который начинается от станции “Зоравар Андраник” и протягивается к станции “Площадь Республики”, составляет 350 м. Длина второго отрезка (2) составляет 570 м, он начинается от конца первого отрезка и продолжается до конца дренажной галереи.

Исходные данные фильтрационных свойств водовмещающих пород и параметров водоносного горизонта заимствованы из ранее

проведенных опытных и изыскательских работ (по данным одиночных и кустовых опытных откачек, детальных буровых разведочных работ) [2, 6], а уровень режим грунтовых вод изучаемого участка установлен по данным режимных наблюдений, проведенных в 2011 г. [4]. Эти и расчетные параметры приведены в таблице.

На основе имеющихся фактических данных по (1) определены удельный дебит ( $Q_0$ ) и общий расход дренажной галереи  $Q = Q_0 L$  ( $м^3/сут.$ ,  $L$  – длина галереи) по отрезкам. Они соответственно составляют:

$$Q_{01} = 29,2 \text{ м}^3/\text{сут.} = 0,338 \text{ л/с}; \quad Q_1 = 10220 \text{ м}^3/\text{сут.} = 118,3 \text{ л/с};$$

$$Q_{02} = 49,57 \text{ м}^3/\text{сут.} = 0,574 \text{ л/с}; \quad Q_2 = 28255,0 \text{ м}^3/\text{сут.} = 327,2 \text{ л/с}.$$

Общий приток подземных вод к дренажной галерее при ее проходке будет составлять  $38485,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$  или  $445,4 \text{ л/с}$ .

Данные параметров водовмещающих пород и водоносного горизонта по отрезкам (участкам) дренажной галереи

Отрезок дренажной галереи	$L, \text{ м}$	$r_0, \text{ м}$	$k, \text{ м/сут.}$	$H_1, \text{ м}$	$H_2, \text{ м}$	$H_S, \text{ м}$	$H_{\text{ср}}, \text{ м}$	$S, \text{ м}$	$R, \text{ м}$
1	350	2	18	27	35	23	28,3	15	480
2	570	2	39	34	46	28	36,0	8	580
	$I_1$	$I_2$	$B_1, \text{ м}$	$B_2, \text{ м}$	$h_1, \text{ м}$	$h_2, \text{ м}$	$T, \text{ м}$	$Q_0, \text{ л/с}$	$Q, \text{ л/с}$
1	0,008	0,025	475	490	19	27	8	0,338	118,3
2	0,011	0,031	574	598	14	26	20	0,574	327,2

При проходке дренажной галереи происходит понижение уровня подземных вод и вокруг нее образуется депрессионная воронка. Для определения величины понижения уровня воды с левой и правой сторон (зоны I и II) от дренажной галереи можно пользоваться уравнением депрессионной кривой. В нашем случае они будут иметь следующий вид:

$$\text{I) } H_{\text{хл}} = \sqrt{(H_1^2 - T^2) \frac{x}{B_1} + T^2}, \quad (3)$$

$$\text{II) } H_{\text{хп}} = \sqrt{(H_2^2 - T^2) \frac{x}{B_2} + T^2}, \quad (4)$$

где  $H_{\text{хл}}$  и  $H_{\text{хп}}$  – мощности водоносного горизонта (при работе дренажной галереи) соответственно левой и правой сторон на расстоянии  $x$  от линии дрена до точки, в которой определяется понижение напора.

По формулам (3) и (4) подсчитаны глубины залегания уровня грунтовых вод (считая от водоупора) для вышеуказанных двух отрезков дренажной галереи, и по этим данным построены депрессионные кривые от дренажной галереи в стороны зон I и II (рис. 2).

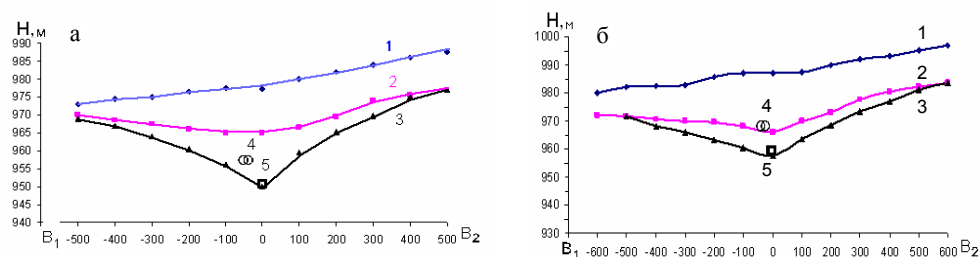


Рис. 2. Расчетные кривые депрессии на первом (а) и втором (б) отрезках линии дренажной галереи: 1 – поверхность земли; 2 – уровень подземных вод в естественных условиях (до работы дренажной галереи); 3 – уровень подземных вод (депрессионная кривая) при работе дренажной галереи; 4 – проезжая линия метрополитена; 5 – дренажная галерея.

Из депрессионных кривых видно, что при сооружении дренажной галереи уровень подземных вод резко снижается как в пределах станций “Зоравап Андраник” и “Площадь Республики”, так и на расстоянии 50–70 м от линии проездных тоннелей. Уровень воды будет установлен на 3–5 м ниже дна указанных сооружений.

Таким образом, сооружение дренажной галереи, наряду с другими восстановительными мероприятиями, будет способствовать нормальной и бесперебойной работе метрополитена г. Еревана на длительный срок эксплуатации.

Поступила 14.02.2013

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Երևանի մետրոպոլիտենի վերականգնման ծրագիր: Փուլ II, Տեխնիկական մաս: Եր., 2012:
2. Схема защиты важнейших объектов центральной части г. Еревана от подтопления. Технический отчет. Часть I, Гидрогеологические исследования (В.А. Аветисян, М.О. Месропян). Ер., 1999, 18 с.
3. Разработка схемы водопонижения центральной части г. Еревана с целью защиты важнейших объектов от подтопления. Отчет. Книга II, Проектная часть (пояснительная записка), (А.М. Тоноян). Ер., 1994, 11 с.
4. Երևանի մետրոպոլիտենի վերականգնման ծրագիր: Փուլ II, Հիդրոտեխնիկական հաշվետվություն (Ժ.Ա. Աշոյան): Եր., 2011, 93 էջ:
5. Справочное руководство гидрогеолога. Т. 1 (под ред. В.М. Максимова). Л.: Недра, 1979, 512 с.
6. Инженерно-геологические исследования-составления “Сводной геологической карты г. Еревана масштаба 1:10000”. Отчет. Часть III, Гидрогеологические условия (В.А. Аветисян, А.Л. Ананян, М.О. Месропян). Ер., 1990, 33 с.

Ժ. Ա. ԱՉՈՅԱՆ

ԵՐԵՎԱՆԻ ՄԵՏՐՈՊՈԼԻՏԵՆԻ ՀԱՄԱՐ ԳԵՏՆՈՒՂԱՅԻՆ ԴՐԵՆԱԺԻ  
ԿԱՌՈՒՅՄԱՆ ՀԵՏ ԿԱՊՎԱԾ ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ՋՐԵՐԻ  
ՀԻԴՐՈԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ  
ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Երևանի մետրոպոլիտենի անխափան աշխատանքի վերականգնման համար տեխնիկական առաջադրանքով նախատեսված է մի շարք միջոցառումների իրականացում, այդ թվում նաև նրա կենտրոնական կայարանների մերձակա տարածքներում բարձր տեղադիրք ունեցող գրունտային ջրերի մակարդակների իջեցման համար՝ գետնուղային հորիզոնական դրենաժի կառուցում:

Համաձայն տարածքի ջրաերկրաբանական պայմաններին բավարարող անալիտիկ բանաձևերի, կառուցվող գետնուղային դրենաժում (920 մ) ընդհանուր ջրաքանակը 445,5 լ/վրկ է, որը կարելի է՝ ինքնահոս եղանակով, հեռացնել գոյություն ունեցող բովանգքի միջոցով, ինչի հետևանքով գրունտա-

յին ջրերի մակարդակը կիջնի գնացքների անցավազք թունելի ռելսերից 3–5 մ խորը, ինչն էլ կապահովի մետրոպոլիտենի վերականգնումից հետո նրա երկարաժամկետ անխափան աշխատանքը:

Zh. A. ACHOYAN

EVALUATION OF CHANGES IN GROUNDWATER HYDRODYNAMIC  
CONDITIONS RESULTED BY CONSTRUCTION OF DRAINAGE  
GALLERIES FOR YEREVAN UNDERGROUND

Summary

Based on the data obtained from the previously conducted investigations and field tests, new investigations have been conducted with the purpose to restore the trouble-free operation of Yerevan Underground and with the aim to drawdown the level of groundwater in the vicinity of some stations. Calculations by hydro-geological methods have shown that capacity of new drainage will be 445.5 l/s that will be discharged by means of gallery. Construction of the new drainage will contribute to steep drawdown of groundwater static level (it will be 3–5 m below the railroad track), particularly in the distance of 50–70 m from the existing drainage that will provide safe and long-lasting operation of the underground.