

10. Trykoz, L.V. Investigation into Electrical Conductivity of the Multicomponent System of Trackbed [Text] / L.V. Trykoz, I.V. Bagiyanc, V.Yu. Savchuk, O.M. Pustovoitova, S.M. Kamchatnaya, O.S. Saiapin // International Journal of Engineering Research in Africa, 2016. – Vol. 25. – Pp. 52-57. – Access Mode: DOI: 10.4028/www.scientific.net/JERA.25.52.
11. Yanev, I. Possibilities for the use of Sludge from Water Treatment Plants in the Civil Engineering Practice [Text] / I. Yanev, M. Radenkova-Yaneva // Proc. 16. Internationale Baustofftagung, 20-23 September 2006, Weimar, Bundesrepublik Deutschland: Tagungsbericht. – Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, 2006. – Band 1. – P. 1019-1024.
12. Crépy, L. First step towards Bio-superplasticizers [Text] / L. Crépy, J.Y. Petit, N. Joly, E. Wirquin, P. Martin // Proceeding of the 13th International Congress on the Chemistry of Cement. – Madrid, Spain. – 3-8 July, 2011. – P. 114.

УДК 624.152.61

Болотских Н.С.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ЗАБОЙНОЕ ВАКУУМНОЕ ВОДОПОНИЖЕНИЕ ПРИ СООРУЖЕНИИ НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК В ОБВОДНЕННЫХ И СЛАБОУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТАХ

Введение. Строительство наклонных выработок различного назначения (стволы угольных и горнорудных предприятий, экскалаторные тоннели метрополитенов, наклонные подземные переходы и др.) нередко приходится вести в сложных гидрогеологических условиях. В таких условиях наиболее часто используется вакуумное водопонижение, при котором с помощью различных технических средств и технологий осуществляется снижение уровня грунтовых вод до требуемой отметки и в «осушенных» грунтах ведутся строительные работы (выемка грунта, крепление стенок и забоя выработок и др.).

При сооружении наклонных выработок в Украине в последние десятилетия находит применение забойное вакуумное водопонижение с помощью установок забойного водопонижения УЗВ, УЗВ-3, УЗВМ-3у и УВВ-2 [1,2]. Краткому обобщению наиболее эффективных достижений ХНУСА в этой области и дальнейшему расширению их применения в Украине посвящается настоящая статья.

Целью настоящего исследования является совершенствование технологии и технических средств забойного вакуумного водопонижения при строительстве

наклонных выработок различного назначения в сложных гидрогеологических условиях.

Результаты исследования. В Украине впервые по предложению ХНУСА (бывшего Харьковского инженерно-строительного института) и ВНИИОМШСа [3, 4] забойное вакуумное водопонижение было применено при строительстве наклонного ствола бурогоугольной шахты №4 в Александрийском районе Кировоградской области (рис. 1).

Этот ствол сечением 14,6 м² (в свету) сооружался в основном в обводненных мелкозернистых и пылеватых песках с низкой водоотдачей и в углистых глинах.

Коэффициент фильтрации песков в месте производства работ составлял 0,4÷1,65 м/сутки. Для снижения общего уровня грунтовых вод на участке строительства ствола были пробурены две скважины, которые оборудовались насосами типа АТН [1]. Однако, этого снижения уровня грунтовых вод было недостаточно для того, чтобы в забое ствола можно было вести горно-проходческие работы. Обводненность мелкозернистых песков не позволяла производить их выемку и крепление стенок и забоя сооружаемого ствола.

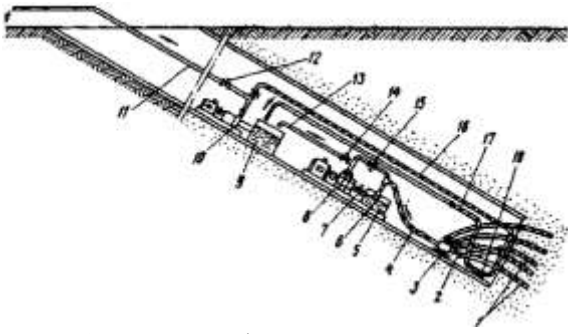


Рис. 1. Схема забойного водопониження при строительстве наклонного ствола бурогольной шахты № 4:

1 – иглофильтры; 2 – вентили; 3 – коллектор; 4 – всасывающий рукав; 5, 9 – открытый бак; 6 – водоструйный насос типа ГВ; 7, 12, 15 – задвижка; 8 – центробежный насос МС-30; 10 – центробежный насос 4К-6; 11 – трубопровод; 13 – сбросной трубопровод; 14 – вентиль; 16 – напорный рукав; 17 – рукав; 18 – водоструйный насос для забойного водоотлива.

В таких условиях для ускорения осушения забоя и стабилизации обводненных песков было применено забойное вакуумное водопонижение. Сущность такого способа водопонижения заключается в следующем. В обводненные пески груди забоя погружались гидравлическим способом несколько коротких иглофильтров (до 24 штук), состоящих из фильтровых звеньев и надфильтровых труб. Эти иглофильтры с помощью рукавов и специальных кранов подключались к сосредоточенному водосборному коллектору, который в свою очередь с помощью рукава подсоединялся к водоструйному насосу (гидроэлеватору), создающему необходимый вакуум во всей всасывающей системе. Благодаря этому вакууму через приемные звенья иглофильтров из грунта подсасывается вода, которая затем водоструйным насосом отводится в циркуляционный бак. Для питания водоструйного насоса рабочей водой используется центробежный насос, подающий воду из циркуляционного бака. Избыток воды в циркуляционном баке, образующийся в результате подсосывания ее из песков груди забоя, с помощью дополнительного центробежного насоса отводится по стволу на поверхность земли. При такой непрерывной откачке воды грунты в забое осушаются и стабилизируются, что

позволяет производить их выемку и крепление сооружаемого наклонного ствола.

Для практической реализации такого способа забойного водопонижения была создана специальная установка УЗВ [3]. Она оборудована центробежным насосом МС-30 ($Q = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H = 75 \text{ м.вод.ст.}$). В период промышленного применения установки ее производительность составляла $6 \div 8 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этом были выявлены следующие положительные качества этой установки: надежность в работе, компактность, простота обслуживания и легкость маневрирования в забое имеющимся количеством иглофильтров. С применением этой установки в сложных гидрогеологических условиях было сооружено 30 м наклонного ствола. При этом стоимость проходческих работ за счет применения забойного водопонижения снизилась примерно на 20%. Опыт строительства ствола показал, что испытанный способ забойного водопонижения является достаточно эффективным и простым в эксплуатации.

Забойное вакуумное водопонижение успешно применялось также при сооружении наклонного эскалаторного тоннеля на станции «Советская» Харьковского метрополитена [4,5]. Здесь в сложных гидрогеологических условиях с применением забойного вакуумного водопонижения сооружали сопряжение наклонного эскалаторного тоннеля с камерой натяжной станции. Особенно эффективным было использование забойного водопонижения при разработке нижней части сопряжения наклонного эскалаторного тоннеля с камерой натяжной станции. Размеры участка нижней части сопряжения были следующими: ширина – 12,5 м, длина – 5 м и максимальная глубина – 3,5 м. Из-за сильной обводненности и плохой устойчивости грунтов условия разработки этого участка были чрезвычайно сложными. Верхнюю разрабатываемую часть толщиной около 0,4 м составляли суглинки с небольшими линзовыми включениями песка. Ниже залегали средне- и мелкозернистые пески с коэффициентами фильтрации от 0,5 до 4 м/сутки. Уровень грунтовых вод находился на 3 м выше нижней проектной отметки сопряжения.

Проектом строительства метрополитена было предусмотрено на этом участке использование химического способа укрепления грунтов. Учитывая достигнутый опыт внедрения технологии и технических средств забойного вакуумного водопонижения на других участках строящегося Харьковского метрополитена производственники по рекомендации ХНУСА приняли решение применить его и на этом участке взамен химического способа укрепления обводненных грунтов.

Схема забойного вакуумного водопонижения при сооружении этой части сопряжения наклонного эскалаторного тоннеля с камерой натяжной станции приведена на рис. 2.

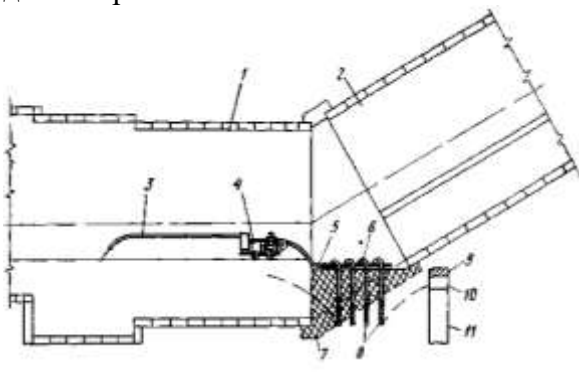


Рис. 2. Схема водопонижения при сооружении нижней части сопряжения наклонного эскалаторного тоннеля с камерой натяжной станции:

1 – камера натяжной станции; 2 – наклонный эскалаторный тоннель; 3 – сбросной рукав; 4 – приводная станция установки забойного водопонижения; 5 – рукав всасывающий; 6 – водосборный коллектор; 7 – грунты, подлежащие разработке; 8 – иглофильтры; 9 – суглинок с линзами песка; 10 – песок среднезернистый; 11 – песок мелкозернистый.

Для целей водопонижения здесь использовалась установка УЗВ-3 [4,5]. При выполнении водопонижительных работ в обводненные грунты гидравлическим способом погружали 4-6 иглофильтров, в которых с помощью приводной станции этой установки постоянно поддерживался необходимый вакуум. Под влиянием этого вакуума уровень грунтовых вод снижался, что позволяло вести разработку грунта, укладку гидроизоляции и необходимые бетонные работы. Производительность

установки УЗВ-3 в этих условиях составляла около 12,5 м³/ч.

Применение забойного водопонижения с помощью установки УЗВ-3 позволило в короткие сроки выполнить необходимые работы по сооружению нижней части сопряжения. Накопленный опыт водопонижения в этих условиях подтвердил надежность работы установки УЗВ-3, простоту ее монтажа и эксплуатации, а также высокую эффективность. С ее применением производительность труда повысилась в 1,8 раза, значительно снизились затраты на сооружение сопряжения наклонного эскалаторного тоннеля с камерой натяжной станции. В дальнейшем на этом участке установка УЗВ-3 эффективно использовалась при сооружении лотковой части проемов в станционных тоннелях.

Проведенные в последнее десятилетие научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы в ХНУСА показали, что еще не исчерпаны все возможности дальнейшего совершенствования этих установок. Установки УЗВ и УЗВ-3, несмотря на все достигнутые положительные результаты их применения, энергоемки, имеют значительную установленную мощность электродвигателя. Их приводные станции имеют достаточно существенные габаритные размеры и массу, что затрудняет их использование в стесненных подземных условиях, имеющих место при ведении работ в забоях наклонных выработок. С целью устранения этих и ряда других недостатков в ХНУСА была создана новая энергоэффективная универсальная установка локального вакуумного водопонижения ПУВВ-5МЕА с автоматизированной системой управления [6]. Основной конструктивной особенностью этой установки является использование в ней вместо ранее применяемого водоструйного насоса с центральным расположением насадка (одноструйного насоса) полиструйного, имеющего значительно меньшие габаритные размеры и более высокий КПД. Кроме того, эта установка выполнена из отдельных блоков, позволяющих производить ее перекомпоновку при монтаже на различных объектах

для ведения работ по трем схемам: 1) с поверхности котлована или выработки; 2) из забоя шахты либо котлована; 3) из забоев подземных горизонтальных и наклонных выработок.

С целью снижения фактических расходов электроэнергии на водопонижение, повышения надежности в работе и упрощения в обслуживании в установке ПУВВ-5МЕА предусмотрено использование регулируемого электропривода центробежного насоса, а также соответствующих элементов автоматизации ее управления. Установка ПУВВ-5МЕА имеет максимальную производительность по воде до $60 \text{ м}^3/\text{ч}$. Потребляемая мощность электродвигателя центробежного насоса типа КМ100-80-160/2-5 при эксплуатации установки ПУВВ-5МЕА лежит в пределах от 6,2 до 12,5 кВт. Габаритные размеры приводной станции (длина×ширина×высота) составляют $1460 \times 400 \times 1510 \text{ мм}$, а масса 392 кг. Установка ПУВВ-5МЕА успешно прошла опытно-промышленные испытания при строительстве и ведении аварийно-восстановительных работ на сетях водоотведения, расположенных в слабоустойчивых и обводненных грунтах с низкими фильтрационными свойствами, в г. Харькове и производителями КП «Харьковводоканал» принята для дальнейшего практического использования.

Представляет несомненный интерес рассмотрение различных вопросов, связанных с использованием этой установки для целей забойного водопонижения при сооружении наклонных выработок в сложных гидрогеологических условиях. При сооружении наклонных выработок, особенно малых сечений, эта водопонижительная установка может найти достаточно широкое применение. При этом схемы монтажа установки и откачки воды на поверхность в зависимости от протяженности и угла наклона выработки могут быть различными. Основными из них являются две: 1) с размещением центробежного насоса и циркуляционного бака на поверхности, а полиструйного насоса вместе со средоточенным водосборным коллектором и иглофильтрами непосредственно в забое

выработки; 2) с размещением центробежного насоса и циркуляционного бака внутри сооружаемой выработки и использованием дополнительного перекачного насоса для откачки воды на поверхность.

С точки зрения удобства, надежности и эффективности в эксплуатации наиболее рациональной является первая схема (без перекачного насоса), представленная на рис. 3.

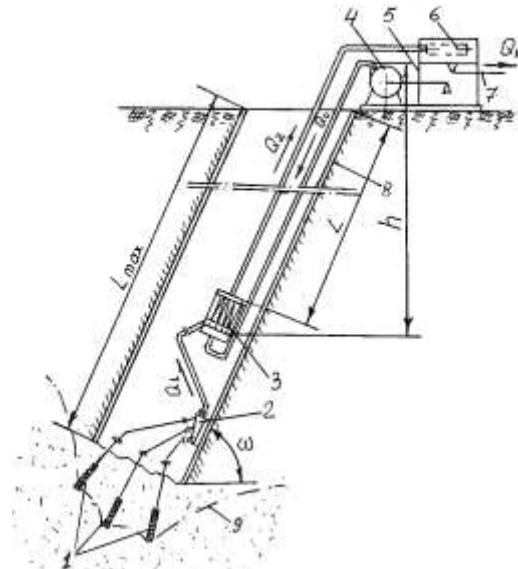


Рис. 3. Схема забойного вакуумного водопонижения с помощью установки ПУВВ-5МЕА при сооружении наклонной выработки с размещением центробежного насоса и циркуляционного бака на поверхности земли, а полиструйного насоса вместе с водосборным коллектором и иглофильтрами непосредственно в забое: 1 – иглофильтры вместе с надфильтровыми трубами; 2 – водосборный коллектор; 3 – блок полиструйного насоса; 4 – центробежный насос; 5 – циркуляционный бак; 6 – дефлектор; 7 – сбросной трубопровод; 8 – крепление сооружаемой наклонной выработки; 9 – депрессионная кривая (уровень грунтовых вод в забое выработки при работе установки забойного водопонижения); Q_1 – объем воды, подсосываемой полиструйным насосом из обводненного грунта забоя; Q_0 – объем воды, подаваемой центробежным насосом к насадкам полиструйного насоса; Q_2 – общий объем смешанного потока воды.

Согласно этой схемы полиструйный насос обеспечивает не только подсосывание воды из грунта забоя, но и откачку ее

на поверхность. Подача воды к полиструйному насосу и выдача ее на поверхность осуществляется при этом по трубопроводам, которые периодически наращиваются вслед за подвиганием забоя.

Следует иметь в виду то, что установка ПУВВ-5МЕА укомплектована центробежным насосом типа КМ 100-80-160/2-5, обеспечивающим подачу к полиструйному насосу воды при номинальном режиме его работы 100 (60÷115) м³/ч и напор 32 (36÷30) м. Именно эти параметры центробежного насоса в первую очередь определяют возможную максимальную протяженность (L_{max}) наклонной выработки, сооружаемой с использованием этой схемы водопонижения. Эта длина L_{max} также зависит и от угла наклона самой выработки.

Для выявления зоны практического использования рассматриваемой схемы забойного водопонижения (рис. 3) весьма важно знать величины L_{max} , которые может обеспечивать установка ПУВВ-5МЕА при различных значениях угла наклона выработки (ω).

Напор центробежного насоса, подающего воду на питание полиструйного насоса, может быть представлен формулой

$$H_H = H_0 - h + \Sigma \Delta h_1, \quad (1)$$

где H_0 – потребный напор перед насадками полиструйного насоса; h – расстояние по вертикали от насадков полиструйного насоса до центробежного, смонтированного у устья наклонной выработки; $\Sigma \Delta h_1$ – потери напора в трубопроводе на участке от центробежного до полиструйного насосов.

Величина H_0 может быть записана в виде $H_0 = \frac{H_2}{\beta_n}$, (2) где H_2 – напор в трубопроводе за полиструйным насосом; β_n – коэффициент напора полиструйного насоса. Величину H_2 можно записать в виде

$$H_2 = h + K_2 \cdot i_0 \cdot L, \quad (3)$$

где K_2 – коэффициент, учитывающий местные сопротивления в трубопроводе от полиструйного насоса до циркуляционного бака; i_0 – удельные потери напора в

трубопроводе; L – длина трубопровода от полиструйного насоса до циркуляционного бака.

Величину h запишем в виде

$$h = L \cdot \sin \omega. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (3) и произведя небольшие преобразования, получаем

$$H_2 = (\sin \omega + K_2 \cdot i_0) \cdot L. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (2), получаем

$$H_0 = (\sin \omega + K_2 \cdot i_0) \cdot L / \beta_n. \quad (6)$$

Потери напора в трубопроводе на участке от центробежного до полиструйного насоса определяются по формуле

$$\Sigma \Delta h_1 = K_1 \cdot i_0 \cdot L, \quad (7)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий местные сопротивления в трубопроводе от центробежного до водоструйного насосов.

Подставляя (4), (6) и (7) в (1), после некоторых преобразований получаем

$$H_H = \left[\frac{\sin \omega + K_2 i_0}{\beta_n} - \sin \omega + K_1 i_0 \right] \cdot L. \quad (8)$$

Принимая в формуле (8) величину L равной L_{max} (полиструйный насос практически расположен всегда рядом с забоем сооружаемой выработки), можно путем некоторых преобразований получить зависимость для определения максимальной длины сооружаемой наклонной выработки в зависимости от ее угла наклона при использовании забойного водопонижения с помощью установки ПУВВ-5МЕА по схеме, представленной на рис. 3, в виде

$$L_{max} = \frac{H_H}{(\sin \omega + K_2 i_0) \frac{1}{\beta_n} - \sin \omega + K_1 i_0} \quad (9)$$

Исследованиями [7] установлено, что коэффициент напора водоструйного (одноструйного) насоса (β_0) при работе установок забойного вакуумного водопонижения УЗВ и УЗВ-3 в эксплуатационном периоде, когда имеют место подсосы вместе с водой воздуха через грунт и иглофильтры, определяется по формуле

$$\beta_0 = -\lambda + \frac{\lambda + \alpha}{(1 + \xi_n)(1 + \alpha)} \cdot \left[2 \frac{\delta + \alpha}{\delta m} - \alpha \left(\frac{\alpha \cos \psi}{\delta n} - \frac{\delta + \alpha}{\delta m} \right)^2 - (1 + \Sigma \xi + \alpha \Sigma \xi) \left(\frac{\delta + \alpha}{\delta m} \right)^2 \right], \quad (10)$$

где $\lambda = H_1/H_0$ – коэффициент разрежения; H_1 – разрежение в смесительной камере

водоструйного насоса; $\alpha = \delta X$ – массовый коэффициент подсосывания; $X = Q_1/Q_0$ – объемный коэффициент подсосывания; Q_0 – объемный расход рабочего потока воды; Q_1 – объемный расход подсосываемого потока воды; $\delta = \gamma_1/\gamma_0$ – относительная плотность потоков; $m = (d_2/d_0)^2$ – первый (основной) геометрический параметр водоструйного насоса; d_2 – диаметр горловины водоструйного насоса; d_0 – диаметр насадка водоструйного насоса; $n = (d_1/d_0)^2$ – второй геометрический параметр водоструйного насоса; d_1 – диаметр патрубка при входе подсосываемого потока в смешительную камеру водоструйного насоса.

В формуле (10) значения d_0 и d_2 принимаются для одного водоструйного насоса, создающего вакуум в установках УЗВ и УЗВ-3. В установке ПУВВ-5МЕА вместо одного обычного водоструйного используется полиструйный насос, представляющий собой агрегат, состоящий из четырех самостоятельных одноструйных насосов с одинаковыми значениями d_0 и d_2 , имеющих одну общую всасывающую (приемную камеру) и создающих напор в одном общем трубопроводе, расположенном за их диффузорами. К насадкам каждого одноструйного насоса подается вода от единого принятого в установке центробежного насоса.

К сожалению, работа полиструйных насосов в настоящее время еще исследована недостаточно и не разработана экспериментально-проверенная инженерная методика их расчета. В связи с этим для приближенных расчетов для заданных конкретных условий считаем возможным величину коэффициента напора подсчитывать по формуле (10) отдельно для каждого водоструйного насоса (β_0), а затем с учетом их количества в принятом полиструйном насосе, с использованием метода суперпозиции, находить общую величину коэффициента напора полиструйного насоса ($\beta_{\text{п}}$).

При сооружении наклонных выработок, имеющих протяженность большую L_{max} (9), в схеме забойного водопонижения и откачки воды на поверхность с помощью установки ПУВВ-5МЕА необходимо применять дополнительно перекачной насос,

имеющий производительность не менее количества воды, отсосываемой установкой через иглофильтры из грунта (рис.1). При этом для обеспечения стабильной откачки этой воды на поверхность перед перекачным насосом необходимо монтировать промежуточный открытый бак, а также предусматривать соответствующую аппаратуру автоматизации пуска и остановки насоса. В этом случае приводная станция установки ПУВВ-5МЕА в зависимости от сечения сооружаемой наклонной выработки размещается рядом с забоем либо в другом месте. Это место обычно подбирается с учетом того, чтобы установка в наклонной выработке не мешала выполнению основных строительных работ (выдачи на поверхность забоя грунта, спуска материалов для крепления выработки или необходимого проходческого оборудования и др.).

Выводы. 1. Проведенные ХНУСА экспериментально-конструкторские и опытно-промышленные исследования и разработки убедительно доказали возможность и технико-экономическую целесообразность использования забойного вакуумного водопонижения с помощью установок УЗВ, УЗВ-3, УЗВМ-3У и ПУВВ-5МЕА при сооружении наклонных выработок различного назначения в сложных гидрогеологических условиях.

2. Наиболее совершенным техническим средством забойного вакуумного водопонижения в мелкозернистых грунтах с малыми коэффициентами фильтрации при сооружении наклонных выработок в настоящее время является созданная ХНУСА универсальная установка ПУВВ-5МЕА с полиструйным насосом, регулируемым электроприводом и автоматизированной системой управления.

3. При сооружении наклонных выработок в обводненных и слабоустойчивых грунтах наиболее целесообразной и эффективной схемой монтажа установки ПУВВ-5МЕА является размещение центробежного насоса вместе с циркуляционным баком на поверхности у устья выработки, а полиструйного насоса вместе с водосборным коллектором и иглофильтрами в забое. При таком расположении

элементов установки не загромождается рабочая зона в забое сооружаемой выработки, упрощается ее эксплуатация, повышается надежность и эффективность осушения и стабилизации обводненных и слабоустойчивых грунтов.

4. Максимальная протяженность наклонной выработки, сооружаемой с использованием забойного вакуумного водопонижения с помощью установки ПУВВ-5МЕА, в зависимости от угла наклона определяется по выражению (9). В случае необходимости сооружения наклонной выработки большей протяженности в описанной схеме водопонижения и откачки воды необходимо предусматривать дополнительно перекачной насос с промежуточным открытым баком для воды и системой автоматизации его пуска и остановки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Справочник по водопонижению. Оборудование и технология. – Киев: изд. «Будівельник», 1985. – 172 с.

2. Смородинов М.И. Водопонизительные установки. – Москва: Стройиздат, 1984. – 116 с.
 3. Болотских Н.С., Райтруб М.С. Опыт забойного водопонижения на строящихся горных предприятиях. – Экспресс-информация. - Москва: Институт ЦНИЭИ уголь, 1972. – 30 с.
 4. Болотских Н.С. Строительное водопонижение в сложных гидрогеологических условиях. – Киев: Изд. Будівельник, 1976. – 110 с.
 5. Болотских Н.С., Мигленко Г.В., Райтруб М.С., Кобляков В.М. Опыт применения локального вакуумного водопонижения при строительстве Харьковского метрополитена. – Экспресс-информация. - Москва: Институт Оргтрансстрой, 1972. – 15 с.
 6. Болотских Н.С., Сорокин Б.С. Универсальная установка локального вакуумного водопонижения ПУВВ-5МЕА с автоматизированной системой управления. Рекомендации по применению. – Харьков: ХНУСА, 2013. – 38 с.
 7. Болотских Н.С. Водопонижение. Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьковском государственном университете, 1981. – 144с.

УДК 628.16

Душкин С.С.

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

Коваленко А.Н.

КП «Харьковводоканал»

ВЛИЯНИЕ АКТИВИРОВАННОГО РАСТВОРА КОАГУЛЯНТА СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ НА УЛУЧШЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ОЧИСТКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Постановка проблемы

Специфика питьевого водоснабжения в Украине состоит в том, что оно на 75% базируется на поверхностных источниках и зависит от их экологической безопасности. Возрастание риска и снижение безопасности систем водоснабжения объясняется, во-первых, значительным уменьшением запасов воды; а во-вторых – резким ухудшением качества природных вод.

Состояние речной воды в Украине оценивается по гидрохимическим показателям от слабо до сильно загрязненного.

Из поверхностных источников по бактериальным загрязнениям только 2% находятся в удовлетворительном состоянии, а 65% – не пригодны для водопользования. Наибольшая загрязненность наблюдается в бассейнах рек Днепр, Северский Донец, Днестр и Южный Буг [1-3].

К основным мероприятиям, улучшающим экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения можно отнести следующие [4,5]:

- очистка воды, которая образуется поверхностным стоком с селитебных