

УДК 628.11

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.280519.56.436

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИН СНИЖЕНИЯ УРОВНЕЙ ВОДЫ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛОДЦАХ ГРУППОВЫХ ВОДОЗАБОРОВ

ШАРКОВ В. В.¹, канд. техн. наук, доц.,
НАГОРНАЯ Е. К.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
ЖУРАВЛЕВА Е. А.³, ст. препод.,
НЕСТЕРОВ Я. С.⁴, студ.

¹ Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: Shar_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

^{2*} Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, e-mail: eknagornaya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

³ Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, e-mail: elen.zh2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4964-343X

⁴ Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина

Аннотация. Постановка проблемы. Изучение дисциплин, связанных с источниками водоснабжения и водозаборными сооружениями, подразумевает практическое ознакомление студентов с методиками выбора типа водозаборов, установления их характеристик, расчета основных параметров и подбора соответствующего оборудования. Сложность расчетов групповых водозаборов заключается в учете большого количества взаимосвязанных гидрогеологических характеристик водоносного пласта и расположения колодцев в нем. Оценка качественного влияния этих величин на продуктивность колодцев позволит оптимизировать методику расчета, снизить время и его трудоемкость, разработать предложения для возможного изменения расчетной продуктивности путем более активного варьирования определяющими параметрами. **Методика.** Использован анализ влияния определяющих факторов на продуктивность групповых водозаборов, состоящих из вертикальных трубчатых колодцев. Предложен алгоритм внесения изменений в расчетную методику для определения снижения уровней воды в колодцах групповых водозаборов. **Результаты.** Установлено, что определение величины снижения уровней воды в трубчатых колодцах групповых водозаборов - достаточно сложная задача, требующая опыта проектирования, учета и многократного изменения ряда взаимовлияющих определяющих факторов. Показано, что необходимость изменения значений технических параметров в расчетной методике сохраняется на всех этапах расчета. Построены номограммы для определения зависимости снижения уровней воды в основных и влияющих колодцах группового водозабора от ряда факторов. Номограмма для определения зависимости снижения уровней воды в основных колодцах группового водозабора может использоваться для расчетов одиночных колодцев. Применение результатов исследований позволяет оптимизировать и ускорить методику расчета, вносить контролируемые изменения в конечный результат, изменяя отдельные факторы влияния или их группы. **Научная новизна.** Проведен анализ факторов, влияющих на продуктивность трубчатых колодцев в составе групповых водозаборов. Даны рекомендации, совершенствующие методику проектирования водозаборных сооружений указанного типа. Показано, что методика расчета групповых водозаборов сводится к решению двух задач - определения продуктивности и снижения уровней воды в основных колодцах и колодцах, на которые они оказывают влияние. Разделение расчета позволяет детальнее анализировать и использовать гидрогеологические условия размещения водозаборов, проводить выбор характеристик и параметров отдельных колодцев. **Практическая значимость.** Использование результатов анализа влияния отдельных факторов на величину продуктивности и снижения уровней воды в трубчатых колодцах в составе групповых водозаборов позволило оптимизировать методику расчетов, показать возможные направления корректировки величины продуктивности в реальных границах.

Ключевые слова: трубчатый колодец; групповой водозабор; снижение уровня воды; продуктивность колодцев

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН ЗНИЖЕННЯ РІВНІВ ВОДИ У ВЕРТИКАЛЬНИХ КОЛОДЦЯХ ГРУПОВИХ ВОДОЗАБОРІВ

ШАРКОВ В. В.¹, канд. техн. наук, доц.,

НАГОРНА О. К.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
ЖУРАВЛЬОВА О. А.³, ст. викл.,
НЕСТЕРОВ Я. С.⁴, студ.

¹ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: Shar_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

^{2*} Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: eknagornaya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

³ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: elen.zh2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4964-343X

⁴ Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна

Анотація. Постановка проблеми. Вивчення дисциплін, пов'язаних із джерелами водопостачання і водозабірними спорудами, має на меті практичне ознайомлення студентів із методиками вибору типу водозаборів, установлення їх характеристик, розрахунку основних параметрів і підбору відповідного обладнання. Складність розрахунків групових водозаборів полягає в урахуванні великої кількості взаємопов'язаних гідрогеологічних характеристик водоносного шару і розташування колодязів у ньому. Оцінка якісного впливу цих величин на продуктивність колодязів дозволить оптимізувати методику розрахунку, знизити час і його трудомісткість, розробити пропозиції для можливої зміни розрахункової продуктивності шляхом більш активного варіювання визначальними параметрами. **Методика.** Використано аналіз впливу визначальних факторів на продуктивність групових водозаборів, що складаються з вертикальних трубчастих колодязів. Запропоновано алгоритм внесення змін до розрахункової методики для визначення зниження рівнів води в колодязях групових водозаборів. **Результати.** Встановлено, що визначення величин зниження рівнів води в трубчастих колодязях групових водозаборів - досить складне завдання, яке вимагає досвіду проектування, урахування та багаторазової зміни низки взаємопов'язаних визначальних чинників. Показано, що необхідність зміни значень технічних параметрів у розрахунковій методиці зберігається на всіх етапах розрахунку. Побудовано номограми для визначення залежності зниження рівнів води в основних і впливових колодязях групового водозабору від ряду факторів. Номограма для визначення залежності зниження рівнів води в основних колодязях групового водозабору може використовуватися для розрахунків одиночних колодязів. Застосування результатів досліджень дозволяє оптимізувати і прискорити методику розрахунку, вносити контрольовані зміни в кінцевий результат, змінюючи окремі фактори впливу або їх групи. **Наукова новизна.** Проведено аналіз факторів, що впливають на продуктивність трубчастих колодязів у складі групових водозаборів. Дано рекомендації вдосконалення методики проектування водозабірних споруд вказаного типу. Показано, що методика розрахунку групових водозаборів зводиться до вирішення двох питань - визначення продуктивності і зниження рівнів води в основних колодязях і колодязях, на які вони впливають. Поділ розрахунку дозволяє детальніше аналізувати і використовувати гідрогеологічні умови розміщення водозаборів, проводити вибір характеристик і параметрів окремих колодязів. **Практична значимість.** Використання результатів аналізу впливу окремих факторів на величину продуктивності і зниження рівнів води в трубчастих колодязях у складі групових водозаборів дозволило оптимізувати методику розрахунків, показати можливі напрями коригування величини продуктивності в реальних межах.

Ключові слова: трубчастий колодязь; груповий водозабір; зниження рівня води; продуктивність колодязів

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR DETERMINING THE VALUES OF WATER LEVELS DECREASE IN VERTICAL WELLS OF GROUP WATER INTAKE

SHARKOV V.V.¹, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.,
NAHORNA O.K.^{2*}, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.,
ZHURAVLOVA O.A.³, Ass. Prof.,
NESTEROV Ya.S.⁴, Student

¹ Department of Water Supply, Sewerage and Hydraulics, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: Shar_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

^{2*} Department of Water Supply, Sewerage and Hydraulics, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, Ukraine, e-mail: eknagornaya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

³ Department of Water Supply, Sewerage and Hydraulics, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, Ukraine, e-mail: elen.zh2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4964-343X

⁴ State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, Ukraine

Abstract. Purpose. Studying disciplines related to water supply sources and water intake facilities implies the practical familiarization of students with methods for choosing the type of water intake, determining their characteristics, calculating the main parameters and selecting the appropriate equipment. The complexity of the calculations of group water intake is to account for the large number of interrelated hydrogeological characteristics of the aquifer and the location of the wells in it. Evaluation of the qualitative effect of these values on the productivity of the wells will allow to optimize the calculation method, reduce time and labour intensity, and work out the proposals for possible changes in the estimated productivity by more active variation of the determining parameters. **Methodology.** The analysis of the influence of determining factors on the productivity of group water intakes consisting of vertical tubular wells was used. An algorithm is proposed for making changes in the calculation methodology for determining the decrease of water levels in the wells of group water intakes. **Results.** It is established that the determination of the values of the decrease in water levels in the tubular wells of group water intakes is a rather complicated task, which requires experience in designing, accounting, and a repeatedly changing number of interrelated determining factors. It is shown that the need to change the values of technical parameters in the calculation method is preserved at all stages of the calculation. Nomograms were made to determine the dependence of the decrease in water levels in the main and affecting wells of group water intake on a number of factors. The nomogram to determine the dependence of the decrease of water levels in the main wells of the group water intake can be used to calculate single wells. The application of the research results allows us to optimize and speed up the calculation method, to make controlled changes to the final result changing individual factors of influence or their groups. **Scientific novelty.** The analysis of factors affecting the productivity of tubular wells as part of group water intakes was carried out. Recommendations are made to improve the design of water intake structures of the specified type. It is shown that the method of calculating group water intakes amounts to solve two problems – determining productivity and lowering the water levels in the main wells and the wells they affect. The separation of the calculation allows for a more detailed analysis and the use of the hydrogeological conditions for the placement of water intakes, the selection of the characteristics and parameters of individual wells. **Practical relevance.** Using the results of the analysis of the influence of individual factors on the value of productivity and lowering water levels in tubular wells as part of group water intakes made it possible to optimize the calculation method, to show possible directions for adjusting the value of productivity in real boundaries.

Keywords: *tubular well; group water intake; water level decrease; productivity of wells*

Постановка проблеми. Дисципліна «Водоснабження» являється нормативною і входить в цикл дисциплін професійно-практичної підготовки бакалавра по спеціальності «Строїтельство и гражданская инженерия». Достатньо обобщенне названіє дисципліни передбачує детальне изученіє студентами тільки часті систем водоснабженія, а іменно водозаборних сооруженій і істочників водоснабженія.

Изученіє дисципліни подразумеває практичеське ознакомленіє студентів с методіками выбора водозаборів, установленія их характеристик, расчєта основних параметров и подбора соответствующего оборудованія.

Задачєй расчєта водозаборів из подземных істочников являється установленіє их продуктивності при заданном (возможном) понижєнні статического уровня подземного потока.

Сложность расчєтов заключається в учєте большого количества взаимосвязанных гидрогеологических характеристик водоносного пласта и расположения водозабора в нем. Неточности и допуски, сопровождающие расчєты, делают их приблизительными, а реальные значения продуктивности и снижения уровней воды рекомендується подтверждать или уточнять результатами пробных откачек.

В то же время такие расчєты важны и актуальны, так как позволяют анализировать гидрогеологическую и техническую ситуацию, устанавливать основные параметры колодцев и водоподъемного оборудованія.

Цель исследования - изученіє факторов, устанавливающих показатели работы водозаборных сооруженій из подземных істочников, определєніє их одиночного и группового влияния на технические характеристики водозабора, что позволит совершенствовать расчєтную базу, активнее из-

меняють параметри сооружений и снижают трудоемкость расчетов.

Анализ существующих методик определения продуктивности вертикальных трубчатых колодцев дает возможность их корректировать и упрощать, а объем вычислений и учета влияющих факторов – необходимость ускорения и уточнения результатов расчетов.

Внедрение результатов исследований в учебный процесс позволит сделать доступнее методики расчета водозаборных сооружений, а их практическое применение повысит уровень подготовки бакалавров.

Методика. Продуктивность одиночного совершенного колодца, отбирающего воду из напорного водоносного пласта при установившемся режиме эксплуатации ($\text{м}^3/\text{сутки}$), определяется по формуле (1), [2; 3; 5]:

$$Q = \frac{2,73 * k_{\phi} * m * S}{lg \frac{R}{r_o} + 0,43 * \xi}, \quad (1)$$

где k_{ϕ} - коэффициент фильтрации водоносного пласта, $\text{м}/\text{сутки}$; m - мощность пласта, м ; S - понижение уровня воды в колодце при его эксплуатации, м ; R - радиус влияния, м [3]; r_o - радиус скважины, м ; ξ - коэффициент, учитывающий несовершенство колодца.

При проектировании водозаборов значения мощности пластов и их коэффициентов фильтрации определяются на этапе сбора данных и зависят только от природных характеристик водоносных пластов. Взаимное влияние величин производительности колодца и понижения уровня воды в нем ставит и обратную цель задачи расчета колодцев - определение величины снижения уровня воды в колодце при расчетной (требуемой) величине отбора воды из него.

Большое количество факторов, влияющих на результаты, делают задачу определения величин продуктивности трубчатых колодцев и снижения уровней воды в них достаточно сложной, требующей опыта проектирования, учета и многократного изменения ряда взаимовлияющих определяющих факторов.

Кроме того, в дальнейшем рассчитываемый одиночный колодец может стать частью группового водозабора с взаимным влиянием скважин, что приведет к дополнительному снижению динамического уровня в нем. Это потребует уточнения характеристик колодца с необходимостью возврата в начало расчета и корректировки некоторых основных расчетных величин.

При отборе воды из водоносного пласта несколькими вертикальными колодцами они могут оказаться взаимодействующими, т. е. при откачке воды из таких колодцев дебит каждого из них будет снижаться по сравнению с их дебитом при независимой работе. Такая ситуация объясняется дополнительным понижением уровня воды в каждом из таких колодцев.

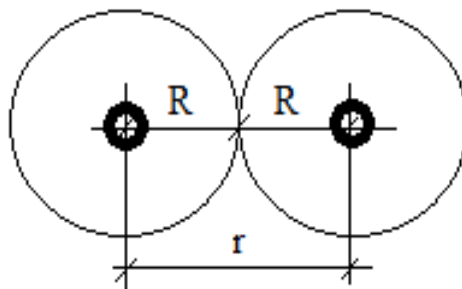


Рис. 1. Взаимное влияние трубчатых вертикальных колодцев / Fig. 1. Mutual influence of tubular vertical wells

Степень взаимного влияния колодцев зависит от расстояния между колодцами, мощности, характеристики и условий питания водоносных пластов. Кроме того, важнейшим фактором влияния является величина отбора воды колодцами. При малых отборах взаимное влияние может быть несущественным, а иногда и отсутствовать.

Взаимодействие колодцев (рис. 1) наблюдается при $r < \sum R$, что следует учитывать при определении расстояния между ними, где r - расстояние между колодцами. Если расстояние между колодцами $2\sigma \geq \sum R$, колодцы работают как одиночные, что дает возможность увеличить производительность водозаборов.

Расчеты взаимовлияющих колодцев заключаются в определении их дебита $Q_{\text{сум}}$, $\text{м}^3/\text{сут}$ при соответствующем снижении уровня воды в водоносном слое $S_{\text{сум}}$, м .

Может решаться и обратная задача - нахождение суммарного снижения уровня воды в водоносном слое при заданном совместном дебите колодцев.

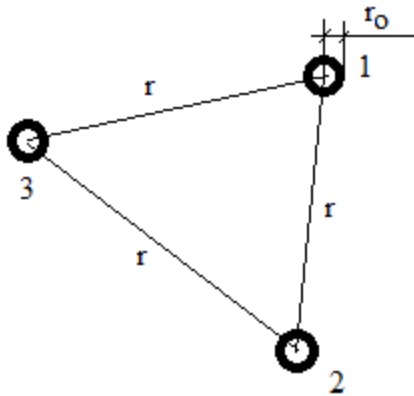


Рис. 2. Схема группового водозабора / Fig. 2. Group water intake scheme

Методика основана на анализе фильтрационных течений, которые изменяют уровни воды при совместной работе с другими колодцами.

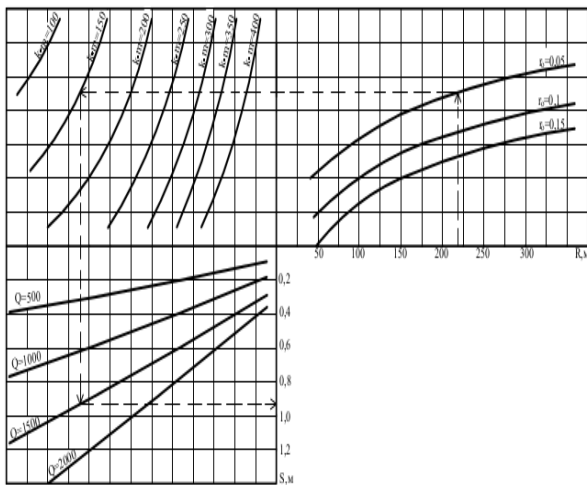


Рис. 3. Номограмма для определения снижения уровня воды в основном колодце группового водозабора из подземных источников /

Fig. 3. Nomogram to determine the reduction of water levels in the main well of group water intake from underground sources

При равных расстояниях r , м между колодцами группового водозабора (рис. 2) снижение уровня воды в любом из них определяется по зависимости (2), м:

$$S_{\text{сум}} = \frac{0,37}{k_{\phi} * m} \sum Q_i \lg \frac{R}{r_i}, \quad (2)$$

где Q_i - продуктивность колодцев, м³/сут; r_i - расстояния между колодцами, для основного $r_i = r_o$, м.

При равных характеристиках колодцев основным принимается любой из n , шт., а зависимость (2) трансформируется в (3), м:

$$S_{\text{сум}} = \frac{0,37}{k_{\phi} * m} Q \lg \frac{R}{r_o} + (n - 1) \frac{0,37}{k_{\phi} * m} Q \lg \frac{R}{r}, \quad (3)$$

то есть задача снижения уровня воды в n колодцах группового водозабора решается путем отдельного вычисления снижения уровня воды в основном колодце и колодцах, находящихся на расстоянии r , м от основного (влияющих).

Анализ (3) свидетельствует об использовании в расчетах большого количества взаимовлияющих факторов, что при масштабном групповом водозаборе делает определение величин снижения уровней воды в колодцах достаточно сложным и длительным.

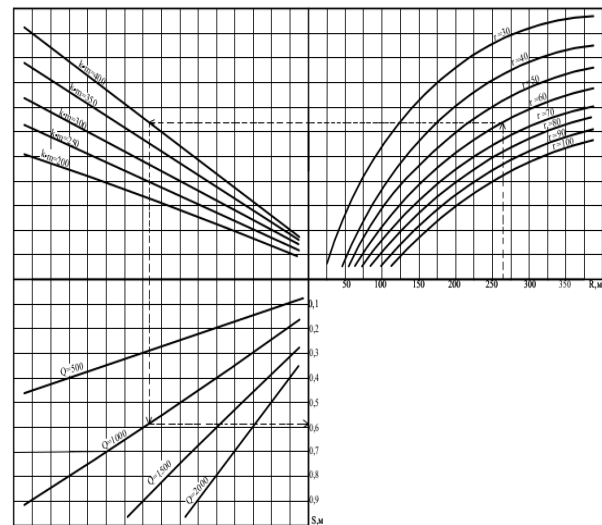


Рис. 4. Номограмма для определения снижения уровня воды во влияющих колодцах группового водозабора из подземных источников / Fig. 4. Nomogram for determining the reduction of water levels in affecting wells of group water intake from underground sources

На рисунках 3 и 4 представлены номограммы для определения величин снижения уровней воды в основных колодцах группового водозабора и, соответственно, колодцах влияющих.

Номограмма на рисунке 1 позволяет, кроме определения снижений уровней воды, выполнять и другие функции - определять возможные дебиты колодцев по имеющимся значениям уровней воды в них, а также подбирать наиболее эффективные диаметры скважин. Кроме того, номограмма корректна для расчетов одиночных колодцев, так как не учитывает влияния других, входящих в групповой водозабор.

Номограмма на рисунке 4 позволяет определять характеристики влияющих колодцев группового водозабора - снижение уровней воды, допустимое расстояние между колодцами и возможную их производительность. Номограмма построена для скважин диаметром 100 мм. При использовании представленной методики для влияющих колодцев с другими радиусами скважин необходима постройка соответствующих номограмм.

Научная новизна и практическая значимость. Определение величины снижения уровней воды в трубчатых колодцах - достаточно сложная задача, требующая опыта проектирования, учета и многократного изменения ряда взаимовлияющих определяющих факторов. Показано, что необходимость изменения значений определяющих факторов в расчетной методике сохраняется на всех этапах расчета. Показано, что методика расчета групповых водозаборов сводится к решению двух задач - определения продуктивности и снижения уровней воды в

основных колодцах и колодцах, на которые они оказывают влияние. Разделение расчета позволяет детальнее анализировать и использовать гидрогеологические условия размещения водозаборов, проводить выбор характеристик и параметров отдельных колодцев.

Применение результатов исследований позволяет оптимизировать и ускорить методику расчета, вносить контролируемые изменения в конечный результат, изменяя отдельные факторы влияния или их группы.

Выводы.

1. Проведен анализ факторов, влияющих на снижение уровней воды и продуктивность трубчатых колодцев в составе группового водозабора.

2. Построена номограмма для определения зависимости снижения уровней воды в основных колодцах группового водозабора от ряда определяющих факторов.

3. Номограмма для определения зависимости снижения уровней воды в основных колодцах группового водозабора может использоваться для расчетов одиночных колодцев.

4. Построена номограмма для определения зависимости снижения уровней воды во влияющих колодцах группового водозабора от ряда определяющих факторов.

5. Использование результатов работы позволяет оптимизировать методику расчетов трубчатых колодцев, показать возможные направления корректировки величины их продуктивности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шарков В. В. Анализ влияния определяющих факторов на продуктивность трубчатых колодцев / В. В. Шарков, А.С. Головачинская // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2015. – Вып. 84. – С. 207–211.
2. Водопостачання. Джерела та водозабірні споруди : посіб. / [А. М. Тугай, Я. А. Тугай]. – Українсько-фінський інститут менеджменту і бізнесу, 1998. – 196 с.
3. Абрамов Н. Н. Водоснабжение / Н. Н. Абрамов. – Москва : Стройиздат, 1981. – 440 с.
4. Проектирование водозаборов подземных вод / [А. И. Арцев, Ф. М. Бочев, Н. Н. Лапшин]. – Москва : Стройиздат, 1976. – 292 с.
5. Забор воды из подземного источника / [С. К. Абрамов, В. С. Алексеев]. – Москва : Колос, 1980. – 239 с.
6. Кравченко В. С. Водопостачання та водовідведення : навч. посіб. / В. С. Кравченко. – Рівне : Укр. держ. акад. водного гос-ва, 1997. – 235 с.
7. Сільсько-господарське водопостачання та водовідведення : підручник / [В. О. Орлов, А. М. Зошук]. – Рівне : УДУВГП, 2002. – 203 с.
8. Орлов В. О. Водозабірні споруди : навч. посіб. / [В. О. Орлов, С. М. Назаров, А. М. Орлова]. – Рівне : НУВГП, 2010. – 167 с.

9. Эксплуатация и ремонт систем артезианского водоснабжения / [А. М. Тугай, И. Т. Прокопчук]. – Київ : Будівельник, 1988. – 176 с.
10. Тугай А. М. Водоснабжение из подземных источников : справ. / [А. М. Тугай, И. Т. Прокопчук]. – Київ : Урожай, 1990. – 264 с.
11. Aller L. Handbook of suggested practices for the design and installation of ground-water monitoring wells / L. Aller. – Dublin, Ohio : Nat. Water Well Ass., 1990. – 221 p.
12. Roscoe Moss Company. Handbook of ground water development. – New York : Wiley, 1990. – 493 p.
13. Water Supply Engineering / [B. C. Punmia, J. A. Kumar, Kr. J. Ashok]. – Laxmi Publications Pvt Limited, 2012. – 584 p.

REFERENCES

1. Sharkov V.V. and Holovachinskaia A.S. *Analiz vliianiia opredelivaiushchikh faktorov na produktivnost trubchatykh kolodtsev* [Analysis of the impact of the determinants of productivity tube wells]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, materials science, mechanical engineering]. 2015, iss. 84, pp. 207–211. (in Ukrainian).
2. Tugay A.M. and Tugay Ya.A. *Vodopostachannya. Dzherela ta vodozabirni sporudy* [Water supply. Source water supply]. Ukrainian-Finnish Institute of Management and Business, 1998, 196 p. (in Ukrainian).
3. Abramov N. N. *Vodosnabzhenie* [Watersupply]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1981, 440 p. (in Russian).
4. Artsev A.I., Bochever F.M. and Lapshin N.N. *Proektirovaniye vodozaborov podzemnykh vod* [Designofwaterintakesofgroundwater]. Moscow : Stroyizda Publ., 1976, 292 p. (in Russian).
5. Abramov S.K. and Alekseev V.S. *Zabor vody iz podzemnogo istochnika* [Diversion of water from an underground source]. Moscow : Kolos Publ., 1980, 239 p. (in Russian).
6. Kravchenko V.S. *Vodopostachannya ta vodovidvedennya* [Water supply and diversion]. Rivne, 1997, 235 p. (in Ukrainian).
7. Orlov V.O. and Zoshchuk A.M. *Silsko-gospodarske vodopostachannya ta vodovidvedennya* [Agriculture water supply and diversion]. Rivne, 2002, 203 p. (in Ukrainian).
8. Orlov V.O., Nazarov A.M. and Orlova A.M. *Vodozabirni sporudy* [Water intakes]. Rivne, 2010, 167 p. (in Ukrainian).
9. Tugay A.M. and Prokopchuk I.T. *Ekspluatatsiya i remont artezianskogo vodosnabzheniya* [Maintenance and repair of artesian water supply]. Kyiv : Budivelnik, 1988, 176 p. (in Ukrainian).
10. Tugay A.M. and Prokopchuk I.T. *Vodosnabzhenie iz podzemnykh istochnikov* [Water supply on the underground source]. Kyiv : Urozhay Publ., 1990, 264 p. (in Ukrainian).
11. Aller L. Handbook of suggested practices for the design and installation of ground-water monitoring wells. Dublin, Ohio. Nat. Water Well Ass., 1990, 221 p.
12. Roscoe Moss Company. Handbook of ground water development. New York, Wiley, 1990, 493 p.
13. Punmia B. C, Kumar Jain A., Ashok Kr. J. Water Supply Engineering. Laxmi Publications Pvt Limited, 2012, 584 p.

Надійшла до редакції: 05.04.2019 р.