

УДК 628.11

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕЛИЧИН РАДИУСА ВЛИЯНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛОДЦЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

ШАРКОВ В. В. ^{1*}, к.т.н, доц.,СЕМЕНОВ И. И. ², зав. лаб.,ЖУРАВЛЕВА Е. А. ³, асс.,ШЕВЧЕНКО В. О. ⁴, студ.

^{1*} Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, 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 "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина

³ Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина

⁴ Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры"

Аннотация. Цель. 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 заключается в учете большого количества взаимосвязанных гидрогеологических характеристик водоносного пласта и расположения колодца 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 и их групп на продуктивность одиночных несовершенных трубчатых колодцев в условиях напорных водоносных пластов. Предложен алгоритм внесения изменений в расчетную методику для определения продуктивности колодца путем взаимного варьирования определяющих факторов. **Результаты.** Установлено, что определение величины продуктивности трубчатых колодцев достаточно сложная задача, требующая опыта проектирования, учета и многократного изменения ряда взаимовлияющих определяющих факторов. Показано, что необходимость изменения значений определяющих технических параметров в расчетной методике сохраняется на всех этапах расчета. Установлено, что пропорциональность изменения продуктивности колодца наблюдается только при варьировании одним из главнейших технических параметров скважины - ее радиусом. Подбор величин радиуса колодца и длины его водоприемной части существенно изменяют продуктивность колодца, что делает его подробный анализ ценным и актуальным. 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 одиночных несовершенных трубчатых колодцев забирающих воду из напорных водоносных пластов. Даны рекомендации совершенствующие методику проектирования водозаборных сооружений указанного типа. Показаны направления контролируемого изменения величин продуктивности одиночных колодцев. **Практическая значимость.** Использование результатов анализа влияния отдельных факторов на величину продуктивности одиночных колодцев позволило оптимизировать методику расчетов трубчатых колодцев, показать возможные направления корректировки величины продуктивности в реальных границах.

Ключевые слова: трубчатый; несовершенный колодец; напорный водоносный слой; радиус влияния; продуктивность колодца

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИЧИН РАДІУСА ВПЛИВУ ВЕРТИКАЛЬНИХ КОЛОДЦІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ПРОДУКТИВНОСТІ

ШАРКОВ В. В. ^{1*}, к.т.н, доц.,СЕМЕНОВ І. І. ², зав. лаб.,ЖУРАВЛІОВА О. А. ³, ас.,ШЕВЧЕНКО В. О. ⁴, студ.

^{1*} Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, 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, Дніпропетровськ, Україна

³ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна

⁴ Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури"

Анотація. Мета. Вивчення дисциплін, пов'язаних з джерелами водопостачання та водозабірними спорудами, має на меті практичне ознайомлення студентів з методиками вибору водозаборів, встановлення їх характеристик, розрахунку основних параметрів і підбору відповідного обладнання. Складність розрахунків полягає у врахуванні великої кількості взаємопов'язаних гідрогеологічних характеристик водоносного шару та розташування колодязя в 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.** Використаний аналіз впливу визначальних факторів та їх груп на продуктивність одиночних недосконалих трубчастих колодязів в умовах напірних водоносних пластів. Запропоновано алгоритм внесення змін до розрахункової методики визначення продуктивності колодязя шляхом взаємного варіювання визначальних чинників. **Результати.** Встановлено, що визначення величини продуктивності трубчастих колодязів досить складне завдання, потребує досвіду проектування, обліку та багаторазової зміни ряду визначальних чинників, які мають взаємний вплив. Показано, що необхідність зміни значень визначальних технічних параметрів у розрахунковій методиці зберігається на всіх етапах розрахунку. Встановлено, що пропорційність зміни продуктивності колодязя спостерігається тільки при варіюванні одним з найголовніших технічних параметрів свердловини - її радіусом. Підбір величин радіуса колодязя і довжини його водоприймальної частини суттєво змінюють продуктивність колодязя, що робить його докладний аналіз цінним і актуальним. 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 одиночних недосконалих трубчастих колодязів, які забирають воду з напірних водоносних шарів. Дані рекомендації удосконалення методики проектування водозабірних споруд вказаного типу. Показані напрямки контрольованої зміни величин продуктивності одиночного колодязя. **Практична значимість.** Використання результатів аналізу впливу окремих факторів на величину продуктивності одиночних колодязів дозволило оптимізувати методику розрахунків трубчастих колодязів, показати можливі напрями коригування величини продуктивності в реальних межах.

Ключові слова: одиночний; недосконалий колодязь; напірний водоносний шар; радіус впливу; продуктивність колодязя

USE THE RADIUS OF INFLUENCE OF THE VERTICAL WELLS FOR DETERMINING THEIR RESPONSE

SHARKOV V. V. ^{1*}, *cand. Sc. (Tech.)*,

SEMENOV I. I. ², *head lab.*,

ZHURAVLEVA E. A. ³, *as.*,

SHEVCHENKO V. O. ⁴, *stud.*

^{1*} Department of water supply, sewerage and hydraulics, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 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 Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine

³ Department of water supply, sewerage and hydraulics, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine

⁴ State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Abstract. Purpose. The study subjects related to sources of water supply intakes, practical means to familiarize students with the methods of selecting the type of water intake, establishing their characteristics, calculation of the basic parameters and the selection of appropriate equipment. The complexity of the calculations is the large number of related hydrogeological characteristics of the aquifer and the location of the well in it. Evaluation of qualitative effects of these variables on the productivity of the wells will optimize the calculation methodology, reduce the time and labor intensity, to develop proposals for possible changes in the estimated productivity through greater variation of determining parameters. **Methodology.** We used analysis of the impact of the determinants and groups committed to the productivity of individual tube wells under pressure aquifer. The algorithm changes in the calculation method for determining the productivity of the well through the exchange variation of the determining factors. **Findings.** It was established that the determination of the efficiency of tube wells rather complicated task that requires experience in the design, accounting and multiple changes in a number of mutually determining factors. It is shown that the need to change the values of defining the technical parameters in the calculation method is maintained at all stages of the calculation. It was found that the productivity of the well proportional change is observed only by varying one of the main technical parameters of the well - its radius. Selection of the radius of the well and the length of the water intake significantly change the productivity of the well, which makes it a valuable and detailed analysis of current. The application of research results to optimize and speed up the method of calculation to make controlled changes to the final result, changing the individual factors of influence or groups. **Originality.** Analysis of factors

affecting the productivity of individual imperfect tube wells taking water from the pressure aquifer. Recommendations perfection methodology of designing intake facilities of a specified type. Showing controlled direction changes in the values of efficiency of single wells. **Practical value.** Using the results of the analysis of the effect of individual factors on the productivity of individual wells allowed to optimize the calculation method of tube wells, show the possible direction of adjusting the boundaries of real productivity.

Keywords: roll; imperfect well; pressure aquifer; radius of influence; productivity of wells

Введение

Дисциплина «Водоснабжение» есть нормативной и входит в цикл дисциплин профессионально-практической подготовки бакалавра по специальности «Строительство и гражданская инженерия». Достаточно обобщенное название дисциплины предусматривает детальное изучение студентами только части систем водоснабжения, а именно водозаборных сооружений и источников водоснабжения.

Изучение дисциплины подразумевает практическое ознакомление студентов с методиками выбора водозаборов, установления их характеристик, расчета основных параметров и подбора соответствующего оборудования.

Задачей расчета водозаборов из подземных источников есть установление их продуктивности при заданном (возможном) понижении статического уровня подземного потока.

Сложность расчетов заключается в учете большого количества взаимосвязанных гидрогеологических характеристик водоносного пласта и расположения водозабора в нем. Неточности и допуски, сопровождающие расчеты, делают их приблизительными, а реальные значения продуктивности и снижения уровней воды рекомендуется подтверждать или уточнять результатами пробных откачек.

В тоже время, такие расчеты важны и актуальны так, как позволяют анализировать гидрогеологическую и техническую ситуацию, устанавливать основные параметры колодцев и водоподъемного оборудования.

Цель

Изучение факторов устанавливающих показатели работы водозаборных сооружений из подземных источников, определение их одиночного и группового влияния на технические характеристики водозабора позволит совершенствовать расчетную базу, активнее изменять параметры сооружений и снижать трудоемкость 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]:

$$Q = \frac{2,73 * k_{\phi} * m * S}{\lg \frac{R}{r_0} + 0,43 * \xi}, \quad (1)$$

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_0 -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. Оставшиеся величины зависят от технических характеристик колодца и влияния друг на друга. Взаимное влияние величин производительности колодца и понижения уровня воды в нем ставят и обратную цель задачи расчета колодцев- определение величины снижения уровня воды в колодце при расчетной (требуемой) величине отбора воды из него.

При выводе (1) принято допущение, что область питания колодца в водоносном пласте ограничивается некоторым цилиндром с некоторым радиусом R . Величина этого радиуса носит название радиуса влияния или радиуса действия колодца. Предполагается, что на расстоянии радиуса влияния от колодца, понижение уровня воды в водоносном слое равно нулю. В этом случае, кривая депрессии сопрягается с первоначальным (не тронутым откачкой) положением напорной плоскости [3].

Задача определения величины радиуса влияния достаточно сложная, так как при неустановившихся режимах движения подземных вод к колодцу ее значения не постоянны и изменяются во времени.

Для ориентировочных расчетов величину R , м рекомендуют принимать в зависимости от крупности частиц водоносного слоя (табл.1) [3].

Для расчетов скважин значение радиуса влияния R , (м), определяют с помощью коэффициентов пьезопроводности a и фильтрации водоносных пластов k_{ϕ} [2,3]:

$$R = 1,5 * \sqrt{a * t} \quad (2)$$

и $R = 10 * S * \sqrt{k_{\phi}}$, (3)
 где t – время откачки.

Таблица 1

Значения величины радиуса влияния/
 Values of the radius of influence

Порода водоносного пласта	Крупность частиц породы, мм	Радиус влияния, м
Песок мелкий	0,1-0,25	50-100
Песок средний	0,25-0,5	100-300
Песок крупный	0,5-1,0	300-400
Песок гравелистый	1,0-2,0	400-500
Гравий мелкий	2,0-3,0	400-600
Гравий средний	3,0-5,0	600-1500
Гравий крупный	5,0-10,0	1500-3000

Результаты

Коэффициент фильтрации k_{ϕ} , входящий в (1,3) является гидрогеологической характеристикой водоносного слоя и его рекомендуемый диапазон, например, для песка мелкого 6-15, а песка крупного 16-30 м/сутки, позволяет влиять на величину радиуса влияния колодца, изменяя последнюю практически в два раза.

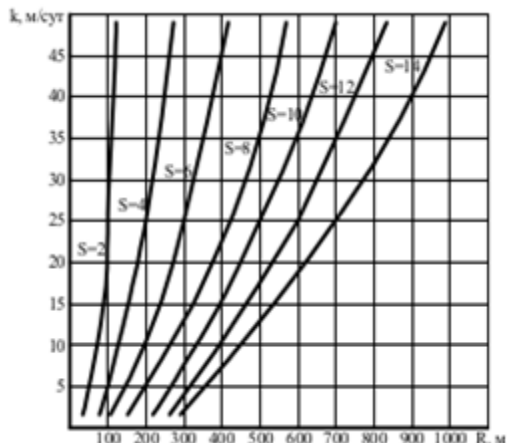


Рисунок 1. График влияния коэффициента фильтрации водоносного слоя на величину радиуса влияния колодца /

Schedule influence the hydraulic conductivity of the aquifer at the radius of influence of the well

На рис.1 представлен график влияния коэффициента фильтрации водоносного слоя на радиус влияния при различных значениях понижения уровня воды в колодце. График построен при следующих значениях определяющих величин: $m = 20$ м, $r_o = 0,125$ м.

На рис.2 приведен график влияния величин радиуса влияния и снижения уровня воды в колодце на его производительность. График построен при $k_{\phi} = 16$ м/сутки и базовых величинах, используемых при построении графика на рис.1.

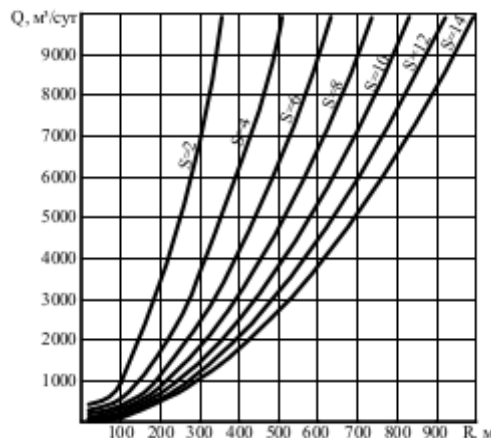


Рисунок 2. График влияния величин снижения уровня воды и радиуса влияния колодца на его производительность /

Schedule values influence the water level and the radius of the well influence on its productivity

Уровень воды в колодце соответствует величине его производительности. При этом изменяется величина радиуса влияния скважины. Так, при аналогичных рис.2, характеристиках скважины и водоносного слоя снижение уровня воды в колодце с шагом в 2м изменяет величину радиуса влияния практически в два раза. Значения кривых депрессии соответствующих величинам снижения уровня воды в колодце представлены на рис.3.

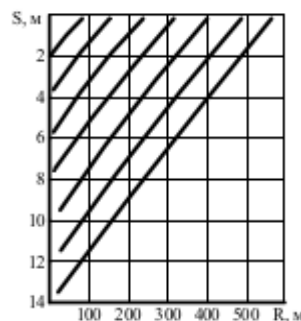


Рисунок 3. График влияния величин снижения уровня воды в колодце на радиус его влияния /

Schedule values influence the water level in the well radius of influence

Отношение разницы отметок уровней воды в центре колодца и точке, где эффект откачки в данный момент времени не наблюдается ($h_1 - h_2$), к величине радиуса влияния (4) характеризует интенсивность изменения уровня воды в водоносном слое вокруг колодца или напорный градиент:

$$(h_1 - h_2)/R = J \tag{4}$$

Если принять, что $h_1 = S$, а $h_2 = 0$ то

$$S/R = J \tag{5}$$

Учитывая (3)

$$1/(10\sqrt{k_{\phi}}) = 0,1/\sqrt{k_{\phi}} = J \quad (6)$$

На рис.4 представлена зависимость (6) в диапазоне изменения коэффициента фильтрации водоносного слоя 5-50 м/сутки.

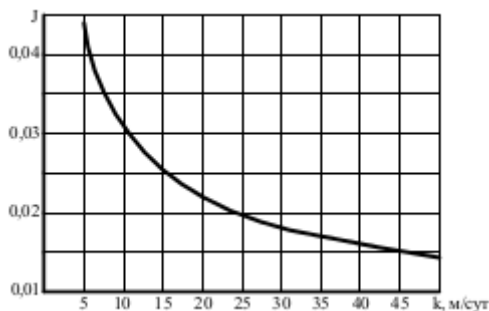


Рисунок 4. График зависимости напорного градиента от коэффициента фильтрации /
Graph of the pressure gradient from the filtration coefficient

На рис.5 представлена зависимость производительности колодца от величины напорного градиента при $k_{\phi}=16$ м/сутки.

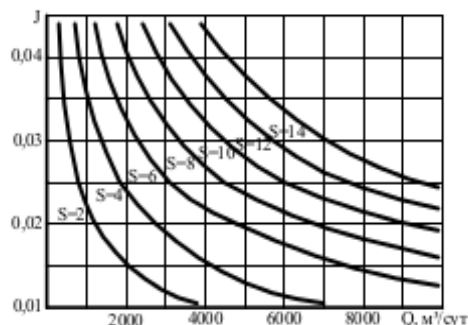


Рисунок 5. График зависимости производительности колодца от величины напорного градиента /

Graph of the performance of the well on the magnitude of the pressure gradient

Выводы

1. Проведен анализ факторов влияющих на продуктивность одиночных несовершенных трубчатых колодцев забирающих воду из напорных водоносных пластов.
2. Определены зависимости величин радиуса влияния колодца от характеристик водоносного пласта и скважины.
3. Использование результатов анализа 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 // Строит., материаловед., машиностр. : Сб. научн. трудов. / ГВУЗ «Приднепр. гос. академии стр-ва и архитектуры». – Днепропетровск, 2015. – Вып. 84. – С. 207–211.
2. Тугай А. М. Водопостачання. Джерела та водозабірні споруди : Посібник / А. М. Тугай, Я. А. Тугай. -Українсько-фінський інститут менеджменту і бізнесу, 1998. -196 с.
3. Абрамов Н. Н. Водоснабжение / Н. Н.Абрамов. - М. : Стройиздат, 1981. - 440 с.
4. Проектирование водозаборов подземных вод / А. И. Арцев, Ф. М. Бочевер, Н. Н. Лапшин. – Москва : Стройиздат, 1976. – 292 с.
5. Абрамов С. К. Забор воды из подземного источника / С. К. Абрамов, В. С. Алексеев. – М. : Колос, 1980. - 239 с.
6. Кравченко В. С. Водопостачання та водовідведення: Навчальний посібник / В. С. Кравченко. – Рівне : Укр. держ. акад. водного гос-ва, 1997. - 235 с.
7. Орлов В. О. Сільсько-господарське водопостачання та водовідведення: Підручник / В. О. Орлов, А. М. Зошук. - Рівне: УДУВГП, 2002. – 203 с. : іл.
8. Орлов В. О. Водозабірні споруди. Навчальний посібник / В. О. Орлов, С. М. Назаров, А. М. Орлова. - Рівне: НУВГП, 2010. - 167 с.
9. Тугай А. М. Эксплуатация и ремонт систем артезианского водоснабжения / А. М. Тугай, И. Т. Прокопчук. - К.: Будівельник, 1988. - 176 с.
10. Тугай А. М. Водоснабжение из подземных источников. Справочник / А. М. Тугай, И. Т. Прокопчук. - К.: 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 Comp. Handbook of ground water development / Roscoe Moss Company. - 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.

REFERENCES

1. Sharkov V.V. and Holovachinskaia A.S. Analiz vliianiia opredelaiushchikh faktorov na produktivnost trubchatykh kolodtsev [Analysis of the impact of the determinants of productivity tube wells]. *Stroit., materialoved., mashinosttr.. Sb.*

- nauchn. trudov. GVUZ «Pridnepr. gos. akademii str-va I architektury»* [Constr., materials science, mechanical engineering. Collection of scientific papers. Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2015, issue 84, pp. 207-211. (in Ukrainian).
2. Tugay A.M. and Tugay Y.A. *Vodopostachannya. Dzherela ta vodozabirni sporudy* [Water supply. Source water supply]. Ukr. – fin. inst. manag. and busin., 1998. 196 p. (in Ukrainian).
 3. Abramov N.N. *Vodosnabzhenie* [Water supply]. Moscow, Stroyizdat, 1981. 440 p. (in Russian).
 4. Artsev A.I., Bochever F.M. and Lapshin N.N. *Proektirovanie vodozaborov podzemnich vod* [Design of water intakes of groundwater]. Moscow, Stroyizdat, 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, 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 artzianskogo 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 podzemnyh istochnikov* [Water supply on the underground source]. Kyiv, Urozhay. 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.
 1. <http://id.lib.harvard.edu/aleph/010269800/catalog>
 12. Roscoe Moss Company. Handbook of ground water development. New York, Wiley, 1990. - 493 p.
 13. B.C. Punmia, A. Kumar Jain, J. Ashok Kr. Water Supply Engineering. Laxmi Publications Pvt Limited, 2012. – 584 p.

Стаття надійшла в редколегію 29.03.2017