

Н. И. Панасюк

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова, 36а, Чернобыль, 07270, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПЕСКОВ В РАЙОНЕ ПРОМПЛОЩАДКИ ЧАЭС

Приводятся расчеты коэффициентов фильтрации аллювиальных грунтов первого безнапорного водоносного горизонта по данным кустовых откачек воды из совершенных скважин. Коэффициент фильтрации является одним из главных параметров грунтов, который оказывает значительное влияние на надежность прогнозов изменения радиогидрогеологических условий территории и водохозяйственных расчетов.

Ключевые слова: коэффициент фильтрации, слой песка, грунтовый водоносный горизонт

Трудоемкие и дорогостоящие прогнозы изменений радиогидрогеологических условий в районе ЧАЭС [1, 2], включая влияния вывода пруда-охладителя из эксплуатации [3], основаны на предположительных величинах коэффициентов фильтрации (k), водопроницаемости (km) и уровнепроводности (a) грунтов первого водоносного горизонта. Зачастую коэффициент фильтрации всей толщи грунтов аллювиального водоносного горизонта принимался равным 10 м/сут. Коэффициент фильтрации является одним из главных параметров грунтов, который оказывает значительное влияние на точность прогнозов изменения радиогидрогеологических условий территории и радиационной обстановки в грунтах. Вместе с тем достоверных специальных полевых определений этого параметра за годы после аварии не выполнялось. Нет убедительных данных и о том, что в период изысканий для проектов ЧАЭС, которые проводились с 1967 г., определения коэффициента фильтрации выполнены в полной мере в соответствии с нормативными требованиями. В отчетах [4, 5] есть информация: «Коэффициенты фильтрации средних и крупных песков - 10 - 30 м/сут, мелких пылеватых - 4 - 10 м/сут, супесей - 0,03 - 0,5 м/сут.». Эти данные приводятся без каких-либо сведений о видах и методах определения фильтрационных параметром грунтов. Заслуживают внимания работы, связанные с подсчетом запасов подземных вод [6], в которых опробованию аллювиальных грунтов уделяется некоторое внимание. По вышеприведенному источнику коэффициент фильтрации для всей толщи аллювиальных водовмещающих песков составляет 20 - 32 м/сут. Но участки, на которых проводились данные работы (Шепеличский и Яновский водозаборы, участки Беневский и Усовский), находятся на расстоянии 5 - 9 км от промплощадки ЧАЭС, что может вносить дополнительные неопределенности в возможность использовать эти результаты опытно-фильтрационных работ (ОФР) в моделях для прогнозов изменения радиогидроэкологических условий и водохозяйственных расчетов на участке промплощадки ЧАЭС и окружающей территории.

В связи с данными обстоятельствами реальной возможностью получить достоверные фильтрационные параметры аллювиальных грунтов стало осуществление проекта [7], в рамках которого пробурено и оборудовано 6 водозаборных скважин глубиной по 35 м каждая. Длина рабочей части фильтровой колонны диаметром 530 мм составляет 8 м и устанавливалась в интервале глубин 24 - 32 м или 23 - 31 м, т. е. в интервале залегания средне- и верхнечетвертичных аллювиальных песков средней крупности, местами крупных с включениями гравия и гальки. Схема расположения водозаборных скважин приведена на рис. 1. Удачей является то обстоятельство, что рядом с новыми скважинами располагаются скважины вертикального дренажа, которые для наших целей использовались как наблюдательные при откачках воды из водозаборных скважин. Дренажные скважины также являются совершенными и имеют глубину 36 м. Длина рабочей части фильтра 12,4 м и располагается в интервале глубин 21,6 - 34 м.

Таким образом, впервые за последние десятилетия появилась возможность в рамках радиогидроэкологического мониторинга провести кустовые откачки воды для получения достоверных фильтрационных параметров грунтов, не затрачивая значительных средств (сотни тысяч гривен) и времени.

Первая кустовая откачка была проведена из скважины № 1 водозабора № 2 (см. рис. 1). Водозаборные скважины стационарно оборудованы погружными насосами 63 D Colpeda. Вода по водоводу от скважины № 1 сбрасывается в подводной канал, урез воды которого находится на расстоянии 34,3 м от водозаборной скважины. Расстояние от центральной (водозаборной) скважины № 1 до наблюдательной (дренажной скважины Д-8) составило 9,5 м. Кроме того, в качестве наблюдательных

© Н. И. Панасюк, 2014

использовались скважины Д-5, Д-6, Д-7, П-53, П-52. Откачка воды проводилась с постоянным дебитом 12 л/с. Дебит измерялся мерной емкостью. Продолжительность откачки - около 11 сут.

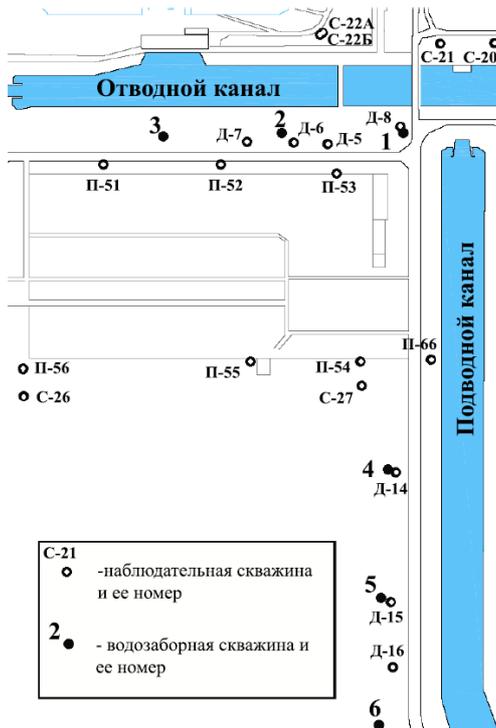


Рис. 1. Схема расположения водозаборных и наблюдательных скважин.

Фильтрационные параметры определялись с использованием метода Джейкоба [8] по данным площадного прослеживания (рис. 2 и 3) уровня воды в наблюдательных скважинах Д-8, Д-5, П-53 и Д-6 на стадии откачки и восстановления (табл. 1), а также временного прослеживания (рис. 4) на стадии восстановления уровня воды в скважине Д-8 (табл. 2). Учитывая тот факт, что осушение водоносного горизонта при откачках не превышает 20 %, то для обработки ОФР применяются способы, как для напорных водоносных горизонтов (см. табл. 1).

Для расчета коэффициента фильтрации по формулам установившегося движения применена формула Форхгеймера - Бабушкина [9]. Учитывая то, что воронка депрессии (рис. 5) от центральной скважины № 1 распространилась под дном подводного канала (наблюдались понижения уровней грунтовых вод (УГВ) по скважинам С-22А, Б, С-21, С-20 и др.), применена формула для условий расположения куста скважин вдали от водоема и расчете по двум наблюдательным скважинам Д-8 и Д-5:

$$K = 0,73 \cdot Q \cdot \lg r_2/r_1 / (S_1 - S_2) \cdot (2H - S_1 - S_2),$$

где K - коэффициент фильтрации аллювиальных грунтов, м/сут; Q - дебит скважины, 1037 м³/сут;

S_1 - понижение уровня воды в наблюдательной скважине Д-8, равное 0,58 м; S_2 - понижение уровня воды в наблюдательной скважине Д-5, равное 0,18 м; H - мощность водоносного горизонта, 30 м; r_1 - расстояние от центральной до наблюдательной скважины Д-8, 9,5 м; r_2 - расстояние от центральной до наблюдательной скважины Д-5, 92 м. Таким образом, коэффициент фильтрации, полученный по вышеприведенной формуле, составляет 32 м/сут.

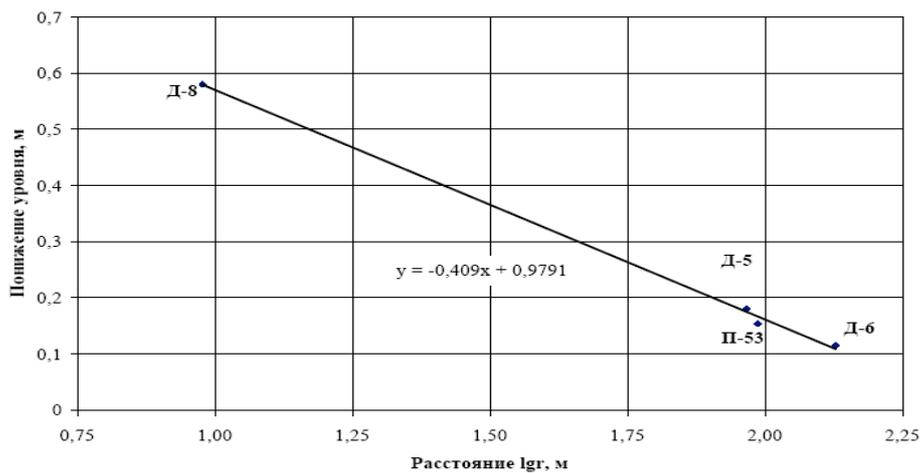


Рис. 2. Графики площадного прослеживания понижения уровней воды в наблюдательных скважинах Д-8, Д-5, П-53 и Д-6 при откачке из скважины № 1 водозабора № 2 (время 8640 мин).

Вторая кустовая откачка была проведена из скважины № 5 водозабора № 3. Водозаборная скважина стационарно оборудована погружным насосом 63 D Colpeda. Вода по водоводу от скважины № 5 сбрасывается в отводной канал, урез воды которого находится на расстоянии 74,2 м от водозаборной скважины. Расстояние от центральной (водозаборной) скважины № 5 до первой наблюда-

тельной (дренажная скважина Д-15) составило 15 м. В качестве наблюдательных использовались также скважины Д-14, Д-16, П-66, П-54, П-55, С-27. Откачка воды проводилась с постоянным дебитом 19 л/с. Дебит измерялся с помощью мерной емкости. Продолжительность откачки 6 сут.

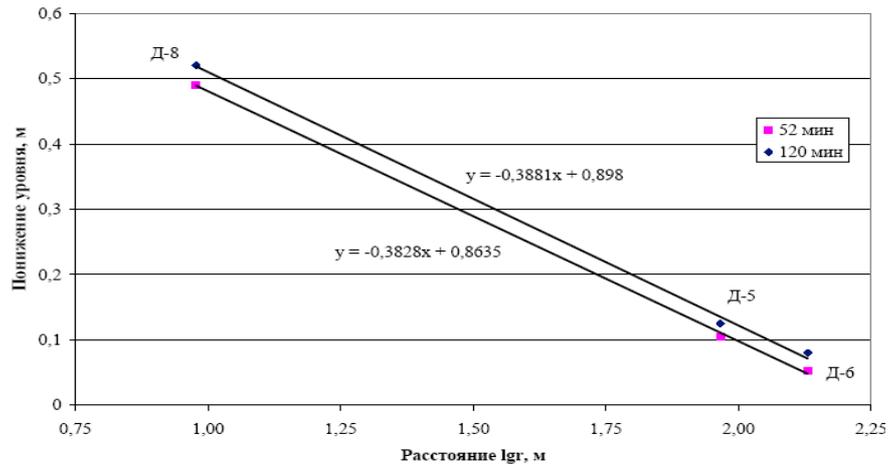


Рис. 3. Графики площадного прослеживания восстановления уровней воды в наблюдательных скважинах Д-8, Д-5 и Д-6 после откачки из скважины № 1 водозабора № 2.

Таблица 1. Расчет фильтрационных параметров способом площадного прослеживания понижения и восстановления уровней воды в наблюдательных скважинах Д-8, Д-5, П-53 и Д-6 при откачке из скважины № 1 водозабора № 2

Наименование опыта	Время, мин	C	км, м ² /сут	к, м/сут	A	a, м ² /сут
Откачка	8640	0,41	926	31	0,98	4,5·10 ³
Восстановление	52	0,38	999	33	0,86	2,7·10 ⁵
	120	0,39	973	32	0,90	1,3·10 ⁵

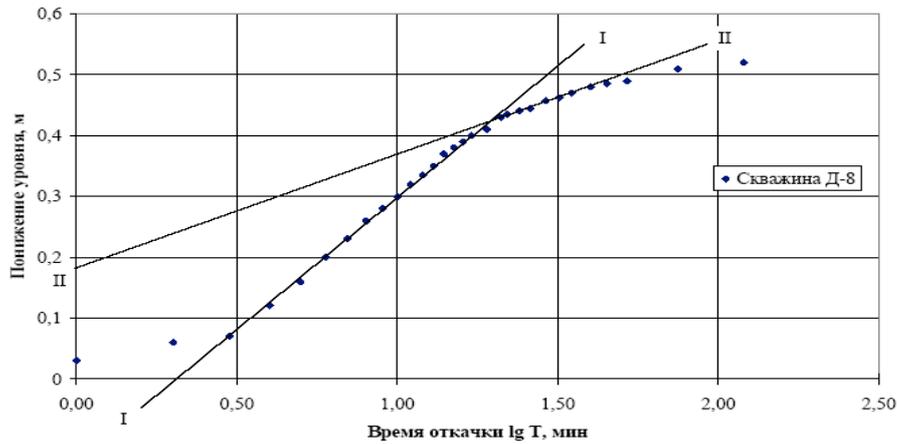


Рис. 4. График временного прослеживания восстановления уровней воды в наблюдательной скважине Д-8 при откачке из скважины № 1 водозабора № 2.

Таблица 2. Расчет фильтрационных параметров способом временного прослеживания восстановления уровней воды в наблюдательной скважине Д-8 после откачки из скважины № 1 водозабора № 2

Способ обработки	Участок графика	C	км, м ² /сут	к, м/сут	A	a, м ² /сут
S – lg t	C ₁	0,44	431	14	-0,13	3·10 ⁴

C_{II}	0,19	999	33	0,18	$5,2 \cdot 10^5$
----------	------	-----	----	------	------------------

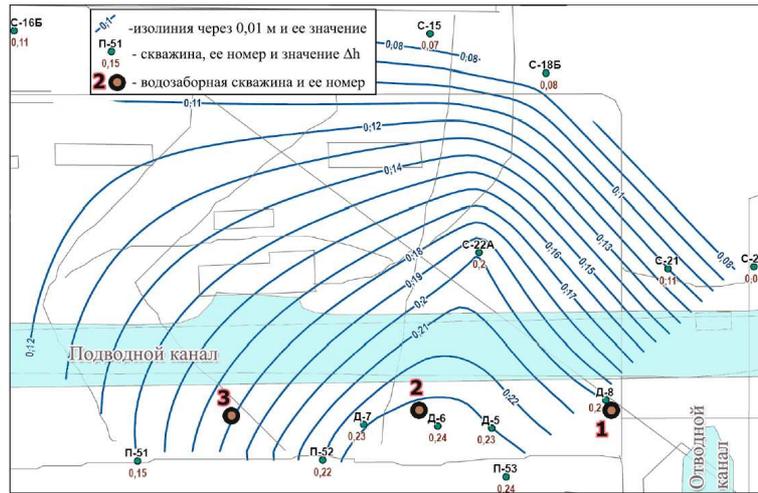


Рис. 7. Графики площадного прослеживания восстановления уровней воды в наблюдательных скважинах Д-15, Д-16 и Д-14 после откачки из скважины № 5 водозабора № 3.
 Таблица 3. Расчет фильтрационных параметров способом площадного прослеживания понижения и восстановления уровней воды в наблюдательных скважинах Д-15, Д-16, Д-14 и П-54 при откачке из скважины № 5 водозабора № 3

Наименование опыта	Время, мин	C	км, м ² /сут	к, м/сут	A	a, м ² /сут
Откачка	96	0,54	1113	37	1,24	2,6·10 ⁵
	1318	0,57	1054	35	1,45	6·10 ⁴
	8535	0,6	985	33	1,57	1,3·10 ⁴
Восстановление	35	0,45	1335	45	1	8,1·10 ⁴
	60	0,49	1226	41	1,13	7,56·10 ⁵
	120	0,55	1092	36	1,28	7,6·10 ⁵
	180	0,56	1073	36	1,37	2,7·10 ⁵

Как и в первой откачке, для обработки ОФР применяются способы для напорных водоносных горизонтов.

На графике площадного прослеживания соответствующему времени 1318 минут результаты понижения уровня воды по скважине Д-14 несколько не «ложатся» на аппроксимирующую прямую. Возможно, это связано с влиянием откачки грунтовых вод из аванкамеры горизонтального дренажа, который располагается между центральной скважиной и наблюдательной скважиной Д-14.

Разброс значений коэффициента фильтрации от 31 до 77 м/сут, вероятно, произошел из-за влияния режима откачки воды из аванкамеры горизонтального дренажа и других граничных условий.

По площадному прослеживанию коэффициент водопроводимости выше, чем при расчетах по временному прослеживанию, вероятно, за счет влияния площадной неоднородности грунтов.

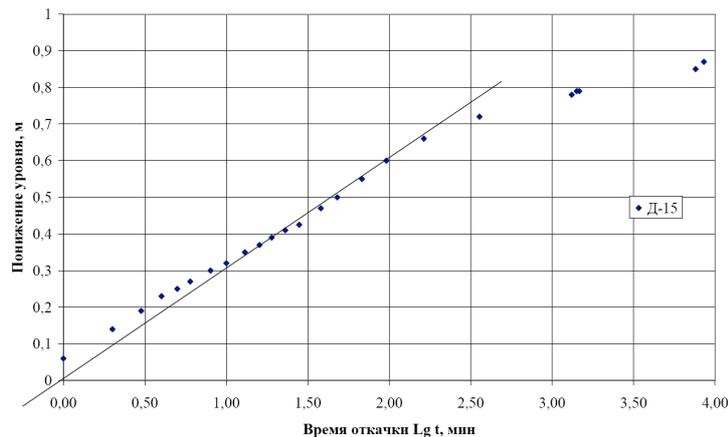


Рис. 8. График временного прослеживания понижения уровней воды в наблюдательной скважине Д-15 при откачке из скважины № 5 водозабора № 3.

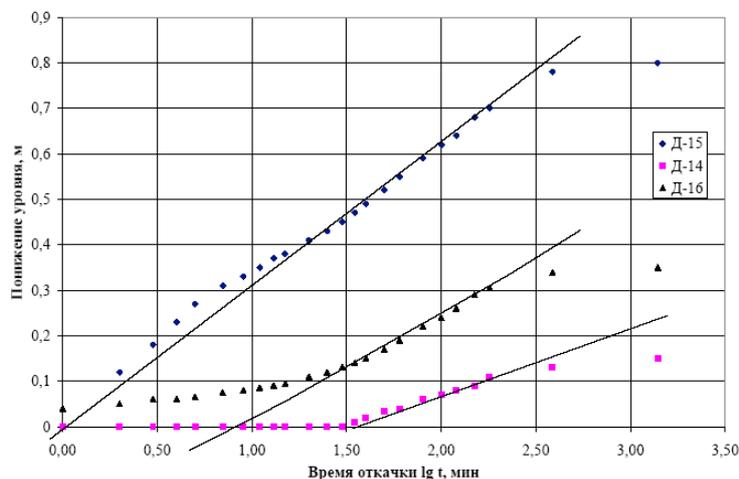


Рис. 9. Графики временного прослеживания восстановления уровней воды в наблюдательных скважинах Д-15, Д-14, Д-16 после откачки из скважины № 5 водозабора № 3.

Таблица 4. Расчет фильтрационных параметров способом временного прослеживания при откачке и восстановлении уровней воды в наблюдательных скважинах Д-15, Д-14, Д-16 при откачке из скважины № 5 водозабора № 3

Наименование опыта	№ скважины	C	км, м ² /сут	к, м/сут	A	a, м ² /сут
Откачка	Д-15	0,3	1001	33	0,94	1,4·10 ⁵
Восстановление	Д-15	0,32	939	31	-0,02	1,3·10 ⁵
	Д-16	0,25	1202	40	-0,25	5,3·10 ⁵
	Д-14	0,13	2311	77	-0,22	3,1·10 ⁵

Анализ полученных данных и сравнение их с материалами прошлых лет позволяет рекомендовать применение для всей толщи грунтов аллювиального водоносного горизонта следующих фильтрационных параметров:

коэффициента водопроницаемости - 900 м²/сут;

коэффициента фильтрации - 30 м/сут;

коэффициента уровнепроводности - 3·10⁵ м²/сут.

Эти величины характерны для грунтов аллювиального водоносного горизонта первой надпойменной террасы не только р. Припять, но и р. Днепр. По данным ОФР, выполненным на первой надпойменной террасе р. Днепр в районе расположения Запорожской АЭС [10], получены аналогичные показатели:

коэффициент фильтрации - 29, 8 м/сут;

коэффициент уровнепроводности - 9,8·10⁵ м²/сут.

Таким образом, впервые получены достоверные данные о фильтрационных параметрах грунтов для всей толщи аллювиального водоносного горизонта. Применение этих параметров позволит повысить надежность прогнозов изменения радиогидроэкологических условий в грунтовых водах, а также точность водохозяйственных расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Схема водоохраных мероприятий по защите от радиационного загрязнения поверхностных и подземных вод в зоне отчуждения ЧАЭС / Институт «Укрводпроект». - Т. 2. - Арх. № 80177. - К., 1993.*
2. *Панасюк Н. И., Алферов А. М., Стариков Н. Б. и др. Результаты детального моделирования влияния свайного фундамента на гидрогеологические условия в районе строительства нового безопасного конфайнмента // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобиля. - 2011. - Вып. 16. - С. 124 – 129.*
3. *Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) зняття з експлуатації водоймища-охолоджувача Чорнобильської АЕС. Т. 1. - Чернобыль: Институт проблем безопасности АЕС НАН Украины, 2013.*
4. *ВПИНИИ «Гидропроект» им. С. Я. Жука. Чернобыльская АЭС. Инженерно-геологические условия площадки и градирен II очереди строительства Чернобыльской АЭС. Материалы к техническому проекту. Вып. 2. Заказ 387-3-12. - М., 1974.*
5. *ВПИНИИ «Гидропроект» им. С. Я. Жука. Чернобыльская АЭС. II очередь строительства. Рабочие чертежи. Заказ 901-3-2. Инженерно-геологические условия площадки аппаратного отделения главного корпуса. - М., 1977.*
6. *Отчет о детальной разведке подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Припять Киевской области УССР за 1984 – 1986 гг. (участки Беневский, Усовский) (с подсчетом эксплуатационных запасов по состоянию на 01.01.1986 г.). Правобережная геолого-разведочная экспедиция. - К., 1986.*
7. *Проект № 143.08-00 «ГСП ЧАЭС. Система технического водоснабжения. Источники технической воды (водоем технической воды) с насосной станцией подпитки».*
8. *Справочник гидрогеолога / Под общей ред. М. Е. Альтовского. - М.: Гос. науч.-техн. изд-во литературы по геологии и охране недр, 1962 (с. 295, формула XII - 9).*
9. *Реконструкція ГЗУ и наращивание золоотвала Запорожской ГРЭС. Техніко-економічний розрахунок. Інженерно-геологічні умови. Звіт об інженерно-геологічних дослідженнях / Ін-т «Укргіпроект», кн. 1, 2. - К., 1990.*

М. І. Панасюк

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, вул. Кірова, 36а, м. Чернобыль, 07270, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ФІЛЬТРАЦІЇ АЛЮВІАЛЬНИХ ПІСКІВ У РАЙОНІ ПРОММАЙДАНЧИКА ЧАЕС

Наводяться розрахунки коефіцієнтів фільтрації алювіальних ґрунтів першого безнапірного водоносного горизонту за даними кущових відкачок води з водозабірних свердловин. Коефіцієнт фільтрації є одним з головних параметрів ґрунтів, який значно впливає на надійність прогнозів зміни радіогідрогеологічних умов території та точність водогосподарських розрахунків.

Ключові слова: коефіцієнт фільтрації, шар піску, ґрунтовий водоносний горизонт

M. I. Panasyuk

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine

DEFINITION OF THE FILTRATION COEFFICIENT IN THE ALLUVIAL SANDS AREA OF THE CHERNOBYL NPP INDUSTRIAL SITE

Calculations of the filter coefficients of the alluvial soils of the first unconfined aquifer according roses pumping water from wells perfect. Filtration coefficient is one of the main parameters of the soil, which has a significant impact on the reliability of the forecasts of changes Radiohydrogeological conditions of the area and water calculations.

Keywords: filtration coefficient, layer of sand, soil aquifer.

REFERENCES

1. *Scheme of protection measures for protection from radiation contamination of surface and groundwater in the Chernobyl zone: Institute "Ukrvodproet". - Т. 2. - Arch. № 80177. - Kyiv, 1993. (Rus)*
2. *Panasyuk N. I., Alferov A. M., Starikov N. B. et al. Results of a detailed simulation of influence on the spine of the foundation hydrogeological conditions in the area of construction of a new confinement bezoparnym // Problemy bezpeky atomnyh electrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). – 2014. - Iss. 16. - P. 124 - 129. (Rus)*
3. *Feasibility study for ChNPP cooling pond decommissioning. Vol. 1. – Chornobyl: Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, 2013. (Ukr)*
4. *VPINII Hydroproject. Chernobyl squad North Caucasus expedition Hydroproject. Engineering-geological conditions of the site and the towers of stage II of Chernobyl nuclear power plant construction. Materials for the maintenance project. Iss. 2. Order 387-3-12. - Moskva, 1974. (Rus)*
5. *Hydroproject. Chernobyl Nuclear Power Plant II stage of construction. Working drawings. Check 901-3-2. Engineering-geological conditions of the site of the main building hardware. - Moskva, 1977. (Rus)*
6. *Report on detailed exploration of groundwater for drinking water supply, the Pripjat Kiev region of the USSR for 1984 - 1986 years. (land Benevskaya, Usovsky) (with the calculation of operational reserves as at 01.01.1986, the). Right bank prospecting expedition. – Kyiv, 1986. (Rus)*
7. *Project № 143.08-00 «Chornobyl NPP. Service water supply system. Sources of technical water (process water pond) with a pumping station feeding. " (Rus)*
8. *Directory hydrogeologist. Under the general editorship of E. Altovsky. State scientific and technical literature on izdatelstvo geologists and conservation of resources. – Moskva, 1962 (p. 296, the formula XII-9) (Rus)*
9. *Upgrade GZU and capacity of the ash dump ZAPORIZHZHYA TPP. Technical and economic calculation. Geotechnical conditions. The report on the geotechnical investigations. Institute "Ukrgiprovozhoz", Book 1, 2. - Kyiv, 1990. (Rus)*

Надійшла 10.09.2014

Received 10.09.2014