

УДК 699.8:624.13

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.290818.36.89

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ІЗ РОЗРОБЛЕННЯ ІН'ЄКЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНИХ ЕКРАНІВ

ПЕТРОВСЬКИЙ А. Ф.¹, *д-р техн. наук, проф.*,

БОРИСОВ О. О.², *канд. техн. наук, доц.*,

БАБІЙ І. М.³, *канд. техн. наук, доц.*

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +380487236151, e-mail: paf2012@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8232-1245

²Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +380487989083, e-mail: etinvest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6930-3243

³Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +380487716969, e-mail: igor_babiy76@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8650-1751

Анотація. Постановка проблеми. В Україні на об'єктах поховання радіаційних та інших відходів стало актуальним питання захисту підземного простору в місцях із глибоким заляганням водотривкого шару. Класичні методи не можуть повною мірою вирішити такі питання. У попередніх дослідженнях на лабораторних стендах були визначені головні якісні показники і характеристики створюваних екранів. Так само були відпрацьовані різні технологічні склади. У даній роботі необхідно проведено апробацію технології в умовах, максимально наближених до реальних, цьому дослідженню вивчено такі показники як радіус розповсюдження розчину у ґрунтовому середовищі, час твердіння складу, а також показник коефіцієнта фільтрації, який характеризує протифільтраційні властивості екрана. **Мета** дослідження - відпрацювання розробленої технології та її апробація в умовах натурного експерименту, який максимально наближений до реальних ґрунтових умов, а також вивчення технологічних параметрів ін'єкції і показника якості екрана. **Висновок.** В результаті натурних експериментів відпрацьовано технологію й отримано технологічні параметри процесу ін'єкції. Визначено реальний радіус поширення розчину в заданих ґрунтових умовах, так, досліджено якісні характеристики екрана, що в подальшому дозволить упроваджувати технології у виробництво.

Ключові слова: горизонтальний протифільтраційний екран; акрилова смола; водонепроникність; ін'єкція; натурний експеримент

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ ИНЪЕКЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭКРАНА

ПЕТРОВСКИЙ А. Ф.¹, *д-р техн. наук, проф.*,

БОРИСОВ А. А.², *канд. техн. наук, доц.*,

БАБИЙ И. Н.³, *канд. техн. наук, доц.*

¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +380487236151, e-mail: paf2012@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8232-1245

²Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +380487989083, e-mail: etinvest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6930-3243

³Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +380487716969, e-mail: igor_babiy76@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8650-1751

Аннотация. Постановка проблемы. В Украине на объектах захоронения радиационных и других отходов является актуальным вопрос защиты подземного пространства в местах с глубоким залеганием водоупорного слоя. Классические методы не могут в полной мере решить такие задачи. В предыдущих исследованиях на лабораторных стендах были определены главные качественные показатели и характеристики создаваемых экранов. Так же были отработаны различные технологические составы. В данном исследовании проведена апробация технологии в условиях, максимально приближенных к реальным, изучены такие показатели как радиус распространения раствора в грунтовой среде, время твердения состава, а также показатель коэффициент фильтрации, который характеризует противифильтрационные свойства экрана. **Целью** исследования является отработка разработанной технологии и её апробация в условиях натурного эксперимента, который максимально приближен к реальным грунтовым условиям. Также представляет интерес изучить технологические параметры инъекции и показатель качества экрана. **Вывод.** В результате натурных экспериментов отработана технология и получены технологические параметры процесса инъекции. Определен реальный радиус распространения раствора в заданных грунтовых условиях, так, исследованы качественные характеристики экрана, что в дальнейшем позволит внедрить технологии в производство.

Ключевые слова: горизонтальный противодиффузионный экран; акриловая смола; водопроницаемость; инъекция; натурный эксперимент

APPROBATION OF RESULTS OF RESEARCHES FOR THE DEVELOPMENT OF INJECTION TECHNOLOGY OF CREATION OF ANTI-FILTERING SCREEN

PETROVSKY A. F.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
BORISOV A. A.², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
BABIJ I. N.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

¹Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona str., 4, 65029, Odessa, Ukraine, tel. +38(048)7236151, e-mail: paf2012@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8232-1245

²Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona str., 4, 65029, Odessa, Ukraine, tel. +38(048)7989083, e-mail: etinvest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6930-3243

³Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona str., 4, 65029, Odessa, Ukraine, tel. +38(048)7716969, e-mail: igor_babiy76@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8650-1751

Annotation. Formulation of the problem. This article contains information on the conduct of experimental studies on the approbation and study of injection technology for creating an anti-filtration screen. In Ukraine, at the sites of disposal of radiation and other wastes, the issue of protecting underground space in places with a deep layer of the waterproof layer is urgent. Classical methods can't fully solve such problems. In the previous studies on laboratory stands, the main quality indicators and characteristics of the screens were determined. Also, various technological compositions were worked out. In this paper, it is necessary to test the technology in conditions as close to real as possible. To study such indicators as radius of distribution of the dissolver in the ground environment, the time of hardening of the composition, and also the coefficient of filtration, which characterizes the anti-filtration properties of the screen. **Goal.** The purpose of this study is the development of the developed technology and its validation in conditions of full-scale experiment, which is as close as possible to real ground conditions. It is also of interest to study the technological parameters of injection and the quality of the screen. **Conclusion.** As a result of testing and full-scale experiments, the technology was developed and the technological parameters of the injection process were obtained. The real radius of solution propagation in the given ground conditions is determined, so the qualitative characteristics of the screen are investigated, which in future will allow to carry out the work on the introduction of technology in the production.

Keywords: horizontal anti-filtration screen; acrylic resin; water permeability; injection; full-scale experiment

Постановка проблеми. Питання локалізації джерел забруднення ґрунтів, запобігання поширенню техногенних стоків і підтоплення територій і заглиблених споруд сьогодні вирішуються із застосуванням технологій зведення вертикальних протифільтраційних екранів, які, для забезпечення ефективної роботи, повинні бути, як правило, заглиблені у водотривкі шари ґрунтів. У той же час, за відсутності водотрива або його розташування на практично недосяжній глибині, для запобігання поширенню забруднених стоків потрібне улаштування штучного водотрива (протифільтраційного екрана) у ґрунті під існуючим джерелом забруднення.

Таким чином, стаття присвячена апробації горизонтального екрана створеного за ін'єкційною технологією на основі матеріалу MC-Injekt GL-95.

Це дослідження спрямоване на розроблення технології влаштування

протифільтраційних екранів із заданими параметрами в тих випадках, коли відсутня або розташований на великій глибині природний шар водотриву. Дослідження актуальне тому, вирішують важливу екологічну і соціальну проблему захисту підземного простору і ґрунтових вод від різного роду забруднень.

Аналіз публікацій. Огляд публікацій показав, що за масштабами впливу і необхідних фінансових і технічних ресурсів, провідне місце посідає локалізація забруднень і зниження емісій радіоактивних речовин у навколишнє середовище [1-3]. Були запропоновані численні способи влаштування протифільтраційних екранів, проте їх аналіз показав низьку економічну і екологічну ефективність [4-8]. Отже, розроблення нового інноваційного способу захисту підземного простору за ін'єкційною технологією - актуальне завдання.

Це дослідження має безсумнівну екологічну, а також соціальну значимість,

тому що дозволить захистити населення від наслідків зараження забрудненою радіонуклідами водою.

Мета і завдання. Метою роботи становить проведення апробації та впровадження результатів натурного експерименту в будівництво на реальних об'єктах. У статті показано перший етап, у який входило випробування в натурних умовах на спеціально розробленому стенді. Цікаве подальше вивчення властивостей отриманих зразків протифільтраційного екрана ПФЕ. Такі конструкції повинні володіти низкою заданих фізико-механічних властивостей. Являло інтерес відпрацювати технологію виробництва робіт у різних ґрунтових умовах та після проведення ін'єктування дослідити коефіцієнт фільтрації отриманих зразків екрана.

Виклад матеріалу. Головна мета цієї роботи полягала у відпрацюванні розробленої технології у заданих ґрунтових умовах та із заданими технологічними параметрами ін'єкції. Цей попередній експеримент необхідно було провести для подальшого впровадження результатів досліджень в натурних умовах у м. Брно (Чехія). Оскільки в проектній документації було закладене використання дорогого ін'єкційного розчину, необхідно було визначити оптимальні основні технологічні параметри.

Так, на розробленому стенді (рис. 1) було розміщено два ін'єктори довжиною 1 500 мм та діаметром 50 мм (рис. 1, а). Стенд був пошарово заповнений піском дрібнозернистої фракції з показниками, близькими до об'єкта впровадження, з одночасним ущільненням (рис. 1, б). Ін'єктор – це поліетиленова труба з отворами діаметром 5 мм по всій довжині, висвердленими з кроком 150 мм. Ін'єкційним матеріалом було обрано м'якоеластичну гідроізолювальну смолу MC-Injekt GL-95. Вона показує найкращі характеристики за показником водонепроникності та адгезії двох елементів екрана один до одного.

MC-Injekt GL-95 TR складається з компонентів А та В, які утворюються

шляхом змішування субкомпонентів. Компонент А отримується змішуванням субкомпонентів А1 та А2. Компонент В розчиняється у воді. Концентрація розчину визначає час реакції, який залежить від температури.

Перед авторами під час проведення експерименту стояло завдання поширити через пори піску ін'єкційний складуна максимальну відстань від ін'єктора, тож був відкоректований склад суміші, який відрізнявся від стандартного, пропонованого виробниками матеріалів. Уповільнення реакції твердіння розчину було досягнуте за рахунок додавання компонента MC-Injekt Retarder GL. Для розрахунку кількості цього компонента брали до уваги температуру навколишнього середовища. У період проведення експерименту вона склала +5 °С.

MC-Injekt GL-95 TR застосовується за допомогою 2-к насоса, наприклад, MC-I 700 (з відповідними типом та кількістю змішуваних елементів). Для ін'єктування рекомендовано використовувати пакери MC-Schlagpacker або MC-Hammerpacker LP 12, однак за участі представника компанії було розроблено з'єднання під наш тип ін'єкторів.

У результаті експерименту отримано елементи горизонтального протифільтраційного екрана за розробленою ін'єкційною технологією (рис. 2). Установлено характер розповсюдження розчину в піщаному ґрунті (рис. 2, а), та особливості з'єднання двох складових екрана в єдине ціле (рис. 2, б). При цьому мінімально отримана товщина ПФЕ в місці з'єднання дорівнювала близько 0,18 м.

Другим етапом першого напрямку впровадження після експерименту на дослідному стенді стало буріння та ін'єктування в умовах дослідного майданчика та подальше влаштування ПФЕ у натурних умовах. Місцем проведення даних досліджень було обрано територію у Деснянському районі м. Київ. На цій території залягають піщані ґрунти, практично автентичні ґрунтам Чорнобильської зони.



а



б

Рис. 1. Розміщення ін'єкторів на дослідному стенді з дрібнозернистим піском (а) для проведення повномасштабного експерименту та його загальний вигляд (б)



а



б

Рис. 2. Характер розширення ін'єкційного розчину (а) і створення елементів затверділого водонепроникного екрана за розробленою ін'єкційною технологією з використанням м'якоеластичної гідроізолювальної смоли (б)

Проведено геологічні пошуки, які показали склад і глибину залягання необхідних для нас шарів ґрунту.

Геологічний склад основи складають такі шари у порядку їх залягання згори вниз:

- ІГП 1. Пісок кварцовий, світло-жовтий маловологий, середньої щільності. Потужність шару становить 0,8 м;

- ІГП 2. Супісок легкий, середньої щільності. Потужність шару становить 0,8-5,4 м;

У виробничих умовах перед роботами із влаштування протифільтраційного екрана необхідно проводити попереднє експериментальне буріння з подальшою ін'єкцією, з урахуванням реального об'єкта. Це пов'язано з тим, що кожному з нових об'єктів будівництва притаманні індивідуальні ґрунтові умови. З огляду на

те, що підшва залягання могильників РАВ розташовується в середньому на глибині 3-5 м, нас цікавило влаштування протифільтраційного екрана між цими позначками.

Після того як провели роботи на натурному стенді, відібрали зразки для дослідження якісних показників. У попередніх дослідженнях визначено основний показник, який характеризує якість протифільтраційного екрана. Цим показником став коефіцієнт фільтрації елемента екрана.

Процес ін'єкції відбувався із зазначеним тиском нагнітання, а саме 1 атм. Установлено, що на відстані 0,4 м від сопла ін'єктора спостерігається значна фільтрація, це вказує на те, що радіус розповсюдження цього розчину в умовах, наближених до

натурних, обмежується відстанню 0,35 м. Зразки, відібрані з ґрунту на відстані 0,35 м, були досліджені на Кф, який склав 0 м/добу.

Висновки. Варіюючи рецептурно-технологічними факторами, можливо в

широких межах (від 3 до 90 хв) регулювати час реакції. Максимальний радіус розповсюдження розчину склав 0,35 м та Кф такого екрана дорівнює 0 м/добу. Це характеризує екран як водонепроникний.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вальков В. Ф. Экология почв : учеб. пособие для студ. вузов. Часть 3. Загрязнение почв / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов-на-Дону : УПЛ РГУ, 2004. – 54 с.
2. Чернобыльская катастрофа / Нац. акад. наук Украины ; гл. ред. Барьяхтар В. Г. – Киев : Наук. думка, 1995. – 560 с.
3. Горицкий О. В. Чернобыль: післяаварійна програма будівництва : монографія / О. В. Горицкий, В. Я. Пінчук. – Київ : Іван Федоров, 1998. – 456 с.
4. Бойко Г. А. Применение тонких противо-фильтрационных диафрагм в условиях Белоруссии. / Г. А. Бойко, Г. Г. Азбель, Г. Н. Никольская // Строительство и архитектура Белоруссии : произв.-техн. бюл. Госстроя БССР и Союза архитекторов БССР. – 1980. – № 4. – С. 31.
5. Бунтман А. Д. Об использовании противofильтрационных завес для защиты котлованов от притока грунтовых вод / А. Д. Бунтман // Энергетическое строительство. – 1978. – № 2. – С. 86–87.
6. Пособие по проектированию полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов : (к СНиП 2.01.28–85) / Госстрой СССР. – Москва : Центр. ин-т типового проектирования, 1990. – 48 с.
7. Способ создания противofильтрационной завесы в лессовом грунте : пат. 2015248 С1 Рос. Федерация : МПК5 E 02 D 3/12 / В. И. Осипов, С. Д. Филимонов, Б. Н. Мельников, Е. В. Кайль ; патентообладатели В. И. Осипов, С. Д. Филимонов ; заявл. 27.12.91 ; опубл. 30.06.94.
8. Способ возведения ограждающей противofильтрационной инженерно-защитной конструкции (варианты) : пат. 2206663 С1 Рос. Федерация : МПК7 E 02 D 005/56, E 02 005/20, E 02 D 007/22 / А. Н. Басиев, М. В. Зелов, А. Г. Икусов ; заявл. 21.12.2001 ; опубл. 20.06.2003.

REFERENCES

1. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh. and Kolesnikov S.I. *Ekologiya pochv: ucheb. posobie dlya stud. vuzov. Chast' 3. Zagryaznenie pochv* [Soil Ecology: Textbook for university students. Part 3: Contamination of soil]. Rostov-na-Donu: UPL RGU, 2004, 54 p. (in Russian).
2. Bar'yaxtar V.G. *Chepnobyl'skaya katastrofa* [The Chernobyl disaster]. Nac. akad. nauk Ukrainy [National Academy of Sciences of Ukraine]. Kiev: Nauk. dumka, 1995, 560 p. (in Russian).
3. Horytskyi O.V. and Pinchuk V.Ya. *Chornobyl: pisliavariina programma budivnytstva* [Chernobyl: Post-Emergency Construction Program]. Kyiv: Ivan Fedorov, 1998, 456 p. (in Ukrainian).
4. Bojko G.A. Azbel' G.G. and Nikol'skaya G.N. *Primenenie tonkix protivofil'tracionnyx diafragm v usloviyax Belorussii* [The use of thin anti-filtration diaphragms in the conditions of Belarus]. *Stroitel'stvo i arxitektura Belorussii: proizv.-texn. byul. Gosstroya BSSR i Soyuzu arxitektorov BSSR* [Construction and Architecture of Belarus: Production-technical bulletin of Gosstroy BSSR and the Union of Architects of the BSSR]. 1980, no. 4, pp. 31. (in Russian).
5. Buntman A.D. *Ob ispol'zovanii protivofil'tracionnyx zavesy dlya zashhity kotlovanov ot pritoka gruntovyx vod* [On the use of impervious curtain to protect the pits from groundwater inflow]. *Energeticheskoe stroitel'stvo* [Power Construction]. 1978, no. 2, pp. 86–87. (in Russian).
6. *Posobie po proektirovaniyu poligonov po obezvrezhivaniyu i zaxoronenyu toksichnyx promyshlennyx otxodov: (k SNiP 2.01.28–85)* [Allowance for designing landfills for the disposal and dumping of toxic industrial waste (to the Building Regulations 2.01.28-85)]. Gosstroj SSSR [The State Construction of USSR]. Moskva: Centr. in-t tipovogo proektirovaniya, 1990, 48 p. (in Russian).
7. Osipov V.I., Filimonov S.D., Mel'nikov B.N. and Kajl' E.V. *Sposob sozdaniya protivofil'tracionnoj zavesy v lessovom grunte: pat. 2015248 S1 Ros. Federacija: MPK5 E 02 D 3/12* [A method for creating grout curtain in the loess soils: patent 2015248 S1 Russian Federation: MPK5 E 02 D 3/12]. 1994. (in Russian).
8. Basiev A.N., Zelov M.V. and Ikuov A.G. *Sposob vozvedeniya ograzhdayushhej protivofil'tracionnoj inzhenerno-zashhitnoj konstrukcii (varianty): pat. 2206663 S1 Ros. Federacija: MPK7 E 02 D 005/56, E 02 005/20, E 02 D 007/22* [A method of erecting fencing of an anti-protection engineering design (options): patent 2206663 S1 Russian Federation: MPK7 E 02 D 005/56, E 02 005/20, E 02 D 007/22]. 2003. (in Russian).

Рецензент: Савицький М. В., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 12.02.2018 р.