

**УДК 624.05**

**А.Ф. Петровский, к.т.н., ОГАСА,  
г. Одесса**

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЪЕКЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ**

*Рассмотрена возможность устройства противофильтрационных завес под могильниками с радиоактивными и химическими отходами. Приведено технико-экономическое обоснование применения вязко-эластичной гидроизоляционной смолы при устройстве противофильтрационных завес с помощью бурения. Показано влияние расстояния устройства инъекторов на стоимость выполнения работ. Приведена зависимость изменения стоимости инъектирования от радиуса распространения раствора.*

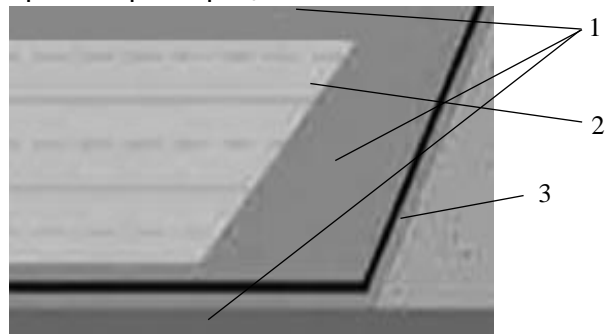
**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** горизонтально-направленное бурение, противофильтрационные завесы, технико-экономическое обоснование, инъекционная технология, экология.

**Постановка проблемы.** На территории Украины находится значительное количество могильников с радиоактивными и токсическими отходами. Так, например, могильники Чернобыльской АЭС представляют огромную угрозу для экосистемы, вследствие фильтрации сквозь их толщу и дальнейшее проникновение в грунтовые воды радиоактивных веществ. Такая же проблема существует и для могильников с химическими (отходы предприятий химической промышленности) отходами жизнедеятельности людей (свалки), объемы которых из года в год увеличиваются [1, 2]. Таким образом, техногенное загрязнение подземных вод и геологической среды, связанное с потенциальными источниками загрязнения, имеет очаговое и площадное распространение. Все очаги загрязнения подземных вод носят локальный характер. По геологическим условиям защищенность

подземных вод от поверхностного загрязнения различная. Опасность загрязнения определяется наличием перекрывающих водоупоров и техногенной нагрузкой.

Несмотря на давность проблемы, уровень ее решения находится в зоне минимума. Об этом свидетельствует достаточно большое количество научных статей и разработок. В них говорится об актуальности проблемы, путях её решения. Основой решения этой проблемы в первую очередь является финансирование и во вторую, конечно же, сами технологические решения. Они находятся в пропорциональной зависимости, т.е. чем масштабнее решения, тем больше будут затраты.

**Анализ последних исследований.** Существует несколько решений выше нами обозначенной проблемы. Среди них можно выделить такие как утилизация отходов, что на примере могильников Чернобыля является весьма трудновыполнимо, своевременную их переработку (на примере все тех же городских свалок, объемы которых увеличиваются изо дня в день) производить достаточно трудоемко и экономически затратно, и следующий вид – это их дополнительная консервация. Она предполагает создание защитных экранов по подземному контуру (рис.1). Суть их заключается в поддержании уровня отходов в пределах контура противофильтрационного накопителя.



*Рис.1. Схема устройства противофильтрационных экранов по подземному контуру под могильниками отходов: 1 - уплотненный защитный слой; 2 - радиоактивные или токсические отходы; 3 - противофильтрационный экран*

Однако при этом основным вопросом является уменьшение стоимости проведения работ. Из проведенного анализа технологических решений [3] одной из рациональных, наряду, например, с ножевой тех-

нологией [4] является инъекционная технология устройства противофильтрационных завес с использованием горизонтально-направленного бурения (ГНБ) [5]. Эта технология предусматривает использование современных инъекционных растворов различного происхождения. В качестве объекта исследования принято инъекционный раствор на основе мягко-эластичной гидроизолирующей смолы.

#### Формулировка цели исследования.

Технико-экономическое обоснование применения ГНБ для устройства противофильтрационных экранов с использованием инъекционной технологии на основе мягко-эластичной гидроизолирующей смолы.

#### Основные результаты исследования.

В результате предварительных исследований было установлено, что одним из эффективных материалов для создания противофильтрационного экрана является инъекционный раствор, состоящий из мягко-эластичной гидроизолирующей смолы MC-Injekt GL-95 с необходимыми компонентами «А» (состоящий из «А1» и «А2») и «В». Количество компонентов, использованных для инъектирования на лабораторной установке принято согласно расчетам. Компонент «В» согласно указаниям по использованию материала MC-Injekt GL-95 растворяли в воде. Количество воды принимали исходя из заданной концентрации. Следуя указаниям инструкции, путем математических вычислений, получили процентное содержание воды в растворе 57,25%. Было установлено, что стоимость 1л раствора для инъекции мягко-эластичной гидроизолирующей смолы составляет 6,98 евро  $\approx$  160 грн.

Для определения оптимального расстояния между инъекторами, по критерию стоимости необходим расчет. В расчете принято, что в сечении раствор распространяется в форме круга. Для создания сплошного противофильтрационного экрана необходимо, чтобы расстояние между инъекторами было таким, где радиусы инъекционного раствора были пересекающимися.

Исследования проводились в несколько этапов.

Ниже приведен расчет стоимости материалов для 1 м.п. завесы при инъекции мягко-эластичной гидроизолирующей смо-

лой MC-Injekt GL-95 в песчаном грунте, при максимально возможном радиусе распространения раствора, полученном в результате проведения экспериментов – 1,25м.

На первом этапе расчет стоимости материалов для инъекции при радиусе распространения раствора 1,25м и шаге инъекторов 1,25м проводился в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2.

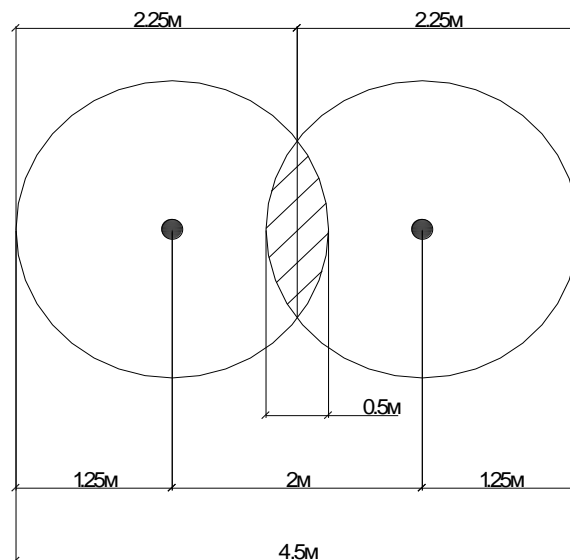


Рис.2. Схематическое изображение распространения инъекционного раствора от инъектора при шаге скважин 2м

Как видно из рис. 2, радиус распространения инъекционного раствора составляет 1,25 м. Для расчета объема, занимаемого инъекционным раствором, воспользуемся формулой вычисления объема цилиндра. Определим объем цилиндра, при радиусе  $R=1,25$  м и длине  $l=1$  м.

$$V = \pi \times R^2 \times l = 3,14 \times 1,25^2 \times 1 = 4,909 \text{ м}^3 = 4909000 \text{ см}^3;$$

Ввиду того, что пористость песка составляет 27%, следовательно, объем пор для рассматриваемого цилиндра составит:  $V_{\text{пор.}} = 27\% \times 4909000 = 1325430 \text{ см}^3$ .

Вычислим, сколько в этом общем объеме раствора для инъектирования должно содержаться воды. Процентное содержание воды в растворе – 57,25%.

$$V_{\text{воды}} = 1325430 \text{ см}^3 \times 57,25\% = 758808,7 \text{ см}^3.$$

Узнаем требуемый объем раствора для цилиндра без воды:

$$V_{\text{раств.}} = 1325430 - 758808,675 = 566621,3 \text{ см}^3 = 566,62 \text{ л}.$$

Стоимость раствора для инъекции 1м.п. шириной 2,25 м:  $566,62 \text{ л} \times 160 \text{ грн.} =$

= 90659,2 грн. Отсюда, стоимость материалов для 1м<sup>3</sup> завесы будет составлять 40292,98 грн.

Согласно с предварительным сметным расчетом, определено, что стоимость бурения 1п.м. скважины диаметром 57 мм равна 500 грн. При этом суммарная стоимость материалов и бурения составит 40542,98 грн.

В связи с тем, что стоимость инъекционного раствора значительно превышает стоимость бурения, то является необходимым уменьшить радиус между скважинами.

На следующем этапе проводился расчет стоимости материалов для инъекции при радиусе распространения раствора 0,5 м и шаге инъекторов 0,8 м (рис.3).

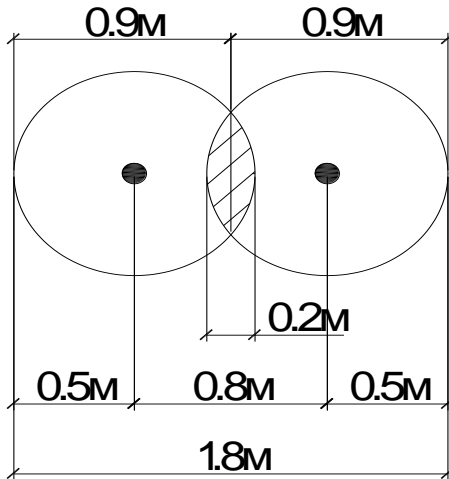


Рис. 3. Схематическое изображение распространения инъекционного раствора от инъектора при шаге скважин 0,8 м

Определим объем цилиндра при l=1м и R=0,5м:

$$V = \pi \times R^2 \times l = 3,14 \times 0,5^2 \times 1 = 0,785 \text{ м}^3 = 785000 \text{ см}^3;$$

Пористость песка составляет 27%, следовательно, объем пор цилиндра:

$$V_{\text{пор}} = 27\% \times 785000 = 211950 \text{ см}^3.$$

Вычислим, сколько в этом общем объеме раствора для инжецирования должно содержаться воды. Процентное содержание воды в растворе – 57,25 %.

$$V_{\text{воды}} = 211950 \text{ см}^3 \times 57,25 \% = 121341,38 \text{ см}^3.$$

Узнаем требуемый объем раствора для цилиндра без воды.

$$V_{\text{раств.}} = 211950 - 121341,38 = 90608,62 \text{ см}^3 = 90,61 \text{ л.}$$

Стоимость раствора для инъекции 1м.п. шириной 0,9 м:

$$90,61 \text{ л} \times 160 \text{ грн.} = 14497,6 \text{ грн.}$$

Отсюда, стоимость 1м<sup>3</sup> материалов для завесы будет составлять 16108,44 грн. При этом суммарная стоимость материалов и бурения составит 16608,44 грн.

По экспертной оценке специалиста ГНБ минимальное расстояние между скважинами  $\varnothing 57 \text{ мм}$  в песчаных грунтах может составлять 300 мм.

На третьем этапе произведен расчет стоимости материалов для инъекции при радиусе распространения раствора 0,19 м и шаге инъекторов 0,3 м (рис.4).

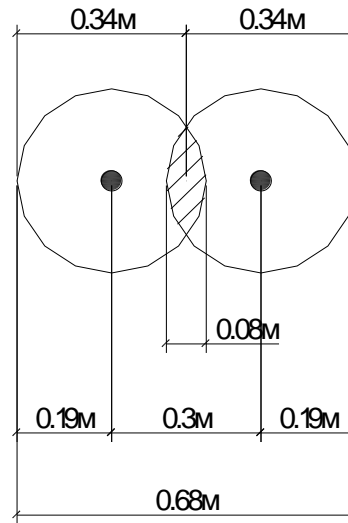


Рис.4. Схематическое изображение распространения инъекционного раствора от инъектора при шаге скважин 0,3 м

Определим объем цилиндра при радиусе R=0,19 м и длине l=1 м

$$V = \pi \times R^2 \times l = 3,14 \times 0,19^2 \times 1 = 0,113 \text{ м}^3 = 113000 \text{ см}^3;$$

Пористость песка составляет 27%, следовательно, объем пор цилиндра  $\varnothing 0,38 \text{ м}$ :  $V_{\text{пор.}} = 27\% \times 113000 = 30510 \text{ см}^3$ .

Вычислим, сколько в этом общем объеме раствора для инжецирования должно содержаться воды. Процентное содержание воды в растворе – 57%.

$$V_{\text{воды}} = 30510 \text{ см}^3 \times 57,25 \% = 17466,98 \text{ см}^3.$$

Требуемый объем раствора для цилиндра без воды:

$$V_{\text{раств.}} = 30510 - 17466,98 = 13043,02 \text{ см}^3 = 13,04 \text{ л.}$$

Стоимость раствора для инъекции 1м.п. шириной 0,34 м:

13,04 л  $\times$  160 грн. = 2086,4 грн. Отсюда стоимость 1м<sup>3</sup> материалов для завесы будет составлять 6136,47 грн. При данных

параметрах суммарная стоимость материалов и бурения составит 7636,47грн.

Таким образом, обобщив полученные результаты при разных расстояниях инъекторов, получена зависимость стоимости инъектирования (бурение скважины и материалы для инъекционного раствора) от расстояния между инъекторами (рис.5).

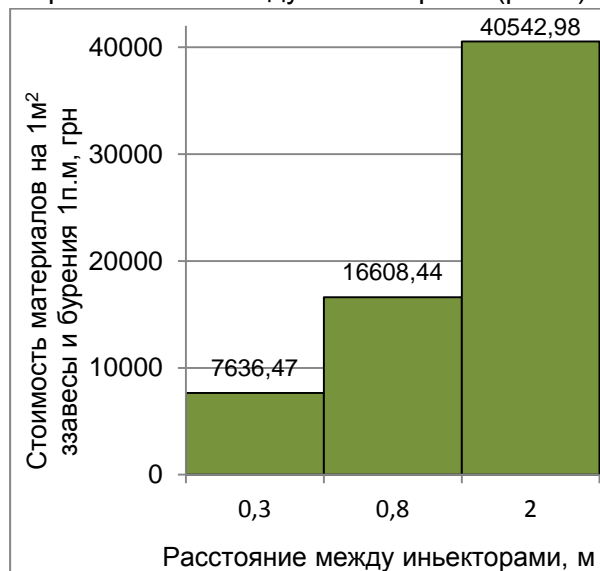


Рис.5. Зависимость изменения стоимости инъектирования от расстояния между инъекторами

### Выводы.

1. В результате исследований установлено, что с увеличением расстояния между инъекторами увеличивается суммарная стоимость инъектирования, которая включает бурение и материал для инъекций.

2. Для минимизации расходов на строительство противοфилътрационного экрана, расстояние между скважинами целесообразно принять равным 0,3 м.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Вальков В.Ф. Экология почв: Учебное пособие для студентов вузов. Часть 3. Загрязнение почв / Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. – Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 2004. – 54 с.

2. Аммосова Я.М. Охрана почв от химических загрязнений / Аммосова Я.М., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 96 с. – ISBN 5-211- 012011.

3. Кретинин А.А. Приповерхностные хранилища-могильники для радиоактивных и токсичных отходов / А.А. Кретинин // Научно-

технический центр комплексного обращения с радиоактивными отходами Министерства Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы. [Электронный ресурс] / <http://waste.ua/cooperation/2007/theses/kretinin.html>.

4. Пат. 35065 А Украина, МКИ6 E02D 29/00. Способ устройства экрана под сооружением / А.М. Чернухин, А.М. Галинский; заявл. 05.08.1999; опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2.

5. Пат. 91704 А Украина, МПК E02B 3/00. Спосіб улаштування протифільтраційної завіси під спорудою / О.М. Галінський, О.І. Менейлюк, А.Ф. Петровський; 10.07.2014.

### АНОТАЦІЯ

Розглянуто можливість влаштування протифільтраційних завіс під могильниками з радіоактивними та хімічними відходами. Наведено техніко-економічне обґрунтування застосування в'язко-еластичної гідролізуючої смоли при улаштуванні протифільтраційних завіс з допомогою горизонтально-направленого буріння. Показано вплив відстані влаштування ін'єкторів на вартість виконання робіт. Наведена залежність зміни вартості ін'єкціювання від радіусу розповсюдження розчину.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** горизонтально-направлене буріння, протифільтраційні завіси, техніко-економічне обґрунтування, ін'єкційна технологія, екологія.

### ANNOTATION

The possibility of the device impervious curtain for graves with radioactive and chemical waste. Powered by a feasibility study for the use of visco-elastic waterproofing resins at the device impervious curtains by drilling. The influence of the injectors unit distance on the cost of works execution. Shows the changes in the value of the radius of the injection solution distribution.

**KEYWORDS:** horizontal directional drilling, curtain, feasibility study, injection technology, ecology