

*Л.Б. Сватовская, Е.И. Макарова, М.В. Шершнева,  
М.М. Байдарашвили, Н.Н. Ефимова, В.Н. Сурков*  
(Петербургский государственный университет путей сообщения;  
e-mail: scherschneva@rambler.ru)

## **ГЕОЭКОЗАЩИТНЫЕ АБСОРБИЦИОННЫЕ НЕФТЕПОГЛОЩАЮЩИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

*Определены нефтепоглощающие свойства пенобетонных строительных изделий, которые позволяют использовать их как геоэкозащитные. Проведён анализ технологий защиты окружающей среды с учётом обнаруженных поглощающих свойств пенобетонных изделий.*

*Ключевые слова: изделия, строительные, технологии, превентивность, ликвидация, параметры, нефтепродукты.*

*L.B. Svatovskaya, E.I. Makarova, M.W. Shershneva,  
M.M. Baydarashvily, N.N. Efimova, W.N. Surkov*

## **GEOECOPROTECTIVE ABSORBING OILPRODUCTS PROPERTY OF THE BUILDING MATERIALS AND UNITS**

*Oilproducts absorbing properties of foam concrete building units which allow to use them as geocoprotective was defined. The analysis of environmental technologies based on the detected absorption properties of foam concrete products.*

*Key words: units, building, technology, prevention, segregation, parameters, oilproducts.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 15 февраля 2014 г.

### **Введение**

Известно, что поризованные цементные системы в виде готовых изделий способны к капиллярному подосу, что должно быть справедливо и для подсоса различных нефтепродуктов. Такое свойство может быть основой соответствующих геоэкозащитных превентивных и ликвидационных технологий в строительной деятельности.

К параметрам, характеризующим поглотительные свойства, можно отнести:

- удельные поглотительные ёмкости –  $A_{nm}$ , кг/кг и  $A_{nv}$ , м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> – максимальная масса нефтезагрязнений, которую может поглотить единица массы данного строительного изделия, и максимальный поглощённый объём нефтезагрязнений к единице объёма данного материала или изделия;

- высота подъёма нефтепродуктов –  $H$ , см;

- скорость подсоса (поглощения) нефтепродуктов –  $V_{\text{погл.}}$  (см/мин) данным строительным материалом или изделием, например высота подъёма  $h$  (см) в единицу времени  $\tau$  (мин).

Поскольку параметры  $A_{nm}$  и  $A_{nv}$ ,  $H$  и  $V_{\text{погл.}}$  характеризуют свойства защиты литосферы, то они были названы геоэкозащитными и поэтому материалы или изделия с такими свойствами также называются геоэкозащитными.

## Экспериментальная часть

Исследованы свойства строительных изделий и определены соответствующие параметры, важные для геоэкозащитных решений (табл. 1): расход геоэкозащитного строительного средства, максимальная высота геоэкозащитного строительного средства и время ликвидации нефтеразливов.

Таблица 1

**Геоэкозащитные свойства пенобетонных изделий средней плотностью D300, D400, D500 изделия (методом подсоса)**

Поглотительные ёмкости пенобетонных изделий средней плотности								
D300			D400			D500		
$A_{пт}, кг/кг$	$A_{пв}, м^3/м^3$		$A_{пт}, кг/кг$	$A_{пв}, м^3/м^3$		$A_{пт}, кг/кг$	$A_{пв}, м^3/м^3$	
<i>Компрессорное масло</i>								
0,21	0,63		0,29	0,66		0,58	1,05	
<i>Индустриальное масло</i>								
0,23	0,68		0,35	0,78		0,59	1,05	
<i>Турбинное масло</i>								
0,16	0,48		0,41	0,92		0,47	0,85	
<b>Максимальная высота подъема нефтепродуктов, <math>H_{max}, см</math></b>								
<i>Дизельное масло</i>								
7,5			6,0			6,0		
<i>Компрессорное масло</i>								
3,5			2,2			2,0		
<i>Индустриальное масло</i>								
6,5			5,0			3,0		
<i>Турбинное масло</i>								
5,5			4,5			2,5		
<b>Скорость поглощения нефтепродуктов, <math>V_{погл.}, см/мин</math> через</b>								
5 мин	60 мин	1440 мин	5 мин	60 мин	1440 мин	5 мин	60 мин	1440 мин
<i>Дизельное масло</i>								
0,56	0,07	0,005	0,3	0,04	0,004	0,26	0,043	0,004
<i>Индустриальное масло</i>								
0,34	0,046	0,0045	0,2	0,047	0,0034	0,22	0,026	0,002
<i>Компрессорное масло</i>								
0,3	0,042	0,0038	0,3	0,036	0,0031	0,2	0,027	0,0017
<i>Турбинное масло</i>								
0,3	0,033	0,0024	0,2	0,023	0,0015	0,2	0,02	0,001

Обнаруженные и изученные свойства поризованных строительных изделий позволили предложить технологии защиты окружающей среды при ликвидации разливов нефтепродуктов в строительной и хозяйственной деятельности. Так, при разливе нефтепродуктов на строительной площадке на поверхность разлива укладываются пенобетонные изделия, которые за счёт капиллярного подсоса поглощают разлившиеся нефтепродукты и превращаются в своего рода ёмкости, удерживающие загрязнения и удаляемые с площадки. Количество изделий, необходимое для удаления загрязнения, рассчитываются с учётом природы загрязнения и геоэкозащитной активности строительных изделий.

Следует отметить, что такое использование пенобетонных блоков позволяет прогнозировать их дальнейшую утилизацию, один из вариантов которой состоит в том, что гидросиликаты и нефтепродукты могут быть использованы в безотходном цикле при производстве портланд-цементного клинкера как часть сырьевой смеси, поскольку по технологии приготовления клинкера осуществляется обжиг смеси при температуре порядка 1450 °С. Цементная промышленность в качестве топлива использует нефтепродукты с соответствующей системой очистки газов.

В качестве примера использования пенобетонных блоков были проведены работы по ликвидации аварийного разлива нефтепродуктов. Данный разлив образовался в результате опрокидывания на временном подземном складе хранения ГСМ ёмкости для хранения дизельного масла. Объём нефтеразлива составил 100 л, площадь нефтеразлива составила 3 м<sup>2</sup>.

Удаление нефтеразлива производилось с использованием пенобетонных блоков средней плотности D500 кг/м<sup>3</sup> и размером 600×300×200 мм. Выбор средней плотности используемых блоков проводился на основании данных о:

- поглотительной ёмкости  $A_{nm}$ , кг/кг;
- максимальной высоте подъема нефтепродуктов,  $H_{max}$ , см;
- скорости поглощения нефтепродуктов,  $V_{погл.}$  см/мин.

Расход геоэкозащитных средств в виде пенобетонных блоков для ликвидации разлива по объёму  $Q_v$ , м<sup>3</sup> с поглотительной ёмкостью  $A_{nv}$ , м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> и объёмом  $L_v$ , м<sup>3</sup> рассчитывался по формуле:

$$Q_v = L_v / A_{nv} = 0,1 / 0,89 = 0,11 \text{ м}^3.$$

Высота подъёма нефтепродуктов  $H = 6$  см.

Время ликвидации  $\tau$  нефтеразлива площадью  $S$  при расходе геоэкозащитного средства  $Q_v$  и скорости поглощения  $V_{погл.}$  рассчитывалось по формуле:

$$\tau = Q / (V_{погл.} \cdot S) = 0,11 / (0,00005 \cdot 50) = 44 \text{ мин.}$$

Проведённая апробация показала, что технологический запас для ликвидации разлива нефтепродуктов пенобетонными изделиями составляет 100 %, что гарантирует достаточность объёма.

Анализ поверхностного стока с места разлива показал, что остаточная концентрация плёночных нефтепродуктов на грунте не превышает 5 мг/л, что соответствует ПДК для почв.

Поскольку поризованные цементные системы обладают способностью пропитываться, как и большинство пористых тел, то это положение должно быть справедливо и для пропитывания нефтепродуктами; в таком случае поризованные цементные системы могут быть использованы как превентивные ёмкости для нефтезагрязнений, предотвращающими попадание их в среду обитания. Это свойство в свою очередь может быть основой соответствующих геоэкозащитных технических решений, то есть превентивная защита литосферы основана на поглощении загрязнений соответствующими по физической природе материалами – экранами для предотвращения попадания в почву.

Используя обнаруженные поглощающие свойства поризованных цементных систем (табл. 2) были определены соответствующие параметры геоэкозащитных решений в строительной деятельности – создание превентивных защитных экранов, способных поглотить разлив нефтепродуктов путём пропитки, что и предотвращает их попадание в литосферу.

Таблица 2

**Обнаруженные геоэкозащитные свойства пенобетонных изделий средней плотности D300, D400, D500 по поглощенным нефтепродуктам, которые позволяют рассматривать их как геоэкозащитные экраны (барьеры) в превентивном методе поглощения**

Удерживающие ёмкости $A_{ум}, кг/кг$ и $A_{ув}, м^3/м^3$ пенобетонных систем средней плотности								
D300			D400			D500		
$кг/кг$	$м^3/м^3$		$кг/кг$	$м^3/м^3$		$кг/кг$	$м^3/м^3$	
<i>Дизельное масло</i>								
0,25	0,71		0,37	0,79		0,48	0,82	
<i>Компрессорное масло</i>								
0,16	0,48		0,26	0,59		0,55	0,996	
<i>Индустриальное масло</i>								
0,20	0,20		0,32	0,32		0,55	0,98	
<i>Турбинное масло</i>								
0,12	0,36		0,37	0,84		0,43	0,74	
<b>Скорость наполнения (пропитки) нефтепродуктов, <math>V_n, л/мин</math>*, через</b>								
<b>0,5 мин</b>	<b>1 мин</b>	<b>4 мин</b>	<b>0,5 мин</b>	<b>1 мин</b>	<b>4 мин</b>	<b>0,5 мин</b>	<b>1 мин</b>	<b>4 мин</b>
<i>Дизельное масло</i>								
0,0153	0,0164	0,0043	0,0124	0,0143	0,0037	0,0106	0,011	0,0027
<i>Компрессорное масло</i>								
0,0121	0,0142	0,0023	0,0104	0,0112	0,0019	0,0096	0,010	0,0017
<i>Индустриальное масло</i>								
0,0152	0,0161	0,0044	0,0127	0,0146	0,0038	0,0102	0,0114	0,0024
<i>Турбинное масло</i>								
0,0150	0,0161	0,0040	0,0120	0,0142	0,0033	0,0093	0,0096	0,0024
<b>Удельная величина расплыва, <math>S м^2/м^3</math></b>								
<i>Дизельное масло</i>								
440			400			480		
<i>Компрессорное масло</i>								
400			240			240		
<i>Индустриальное масло</i>								
500			280			560		
<i>Турбинное масло</i>								
500			500			500		

\* – площадь поверхности образца составила  $96 см^2$

В табл. 3 показана обнаруженная в итоге исследования взаимосвязь геоэкозащитных параметров строительных изделий и строительных технологий их использования для ликвидации разливов нефтепродуктов.

**Взаимосвязь геоэкозащитных параметров строительных изделий  
и геоэкозащитных решений их использования превентивным методом  
на основе поглощения нефтезагрязнений**

<b>Геоэкозащитные параметры пенобетонных изделий средней плотности D300, D400, D500 по поглощению нефтепродуктов, которые позволяют рассматривать их как геоэкозащитные (в методе поглощения)</b>	<b>Параметры соответствующей превентивной защиты от нефтезагрязнений с использованием геоэкозащитных пористых строительных материалов, выполняющих функцию защитного экрана для литосферы</b>
<b>Удерживающие ёмкости</b>	<b>Необходимая глубина экрана <math>h</math></b>
<p><math>A_{ym}</math>, кг/кг – максимальная масса нефтезагрязнений, кг, которая может быть удержана массой данного геоэкозащитного средства;</p> <p><math>A_{yv}</math>, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> – максимальный поглощенный объём нефтезагрязнений, который может быть удержан объёмом данного геоэкозащитного средства</p>	<p>Глубина экрана площадью <math>S_{\text{экрана}}</math> из геоэкозащитного средства с удерживающей ёмкостью <math>A_{yv}</math> для защиты от предполагаемого разлива нефтепродуктов объёмом <math>L_v</math></p> $h = \frac{L_v}{A_{yv} \cdot S_{\text{экрана}}}$
<b>Скорость наполнения (пропитки), <math>V_n</math></b>	<b>Время ликвидации, <math>\tau</math></b>
<p>Изменение объёма поглощаемых разлившихся нефтепродуктов <math>\Delta V</math> за единицу времени <math>\tau</math> при поглощении 1 см<sup>2</sup> поверхности изделия</p> $V_n = \Delta V / \tau$	<p>Время ликвидации нефтеразлива объёмом <math>V</math> со скоростью наполнения <math>V_n</math> и площадью разлива <math>S</math></p> $\tau = V / (V_n \cdot S)$
<b>Удельная величина расплыва, <math>S</math></b>	<b>Площадь разлива нефтепродуктов</b>
<p>Максимальная площадь расплыва нефтепродуктов по поверхности средства</p>	<p>Площадь разлива нефтепродуктов объёмом <math>L_v</math>, плотностью <math>p</math>, с удельной величиной расплыва <math>S</math></p> $S_{\text{нефтеразлива}} = (L_v \cdot p) / S$

Результаты исследований свидетельствуют, что такие пористые строительные материалы силикатной природы, как пенобетон, являются перспективными для создания превентивных технологий защиты почв и техногенных грунтов от распространения нефтепродуктов при строительстве или реконструкции промышленных объектов различного назначения, в которых возможны разливы нефтепродуктов.

Поглотительная способность капиллярно-пористой структуры максимально реализуется на первой стадии процесса в течение первых нескольких секунд контакта образцов с нефтепродуктами, далее, с увеличением времени выдерживания образца в испытательной среде, практически не изменяется. Это связано с тем, что в это время происходит интенсивное механическое заполнение широких пор в структуре образца и эта стадия процесса является определяющей для оценки поглотительной способности.

По литературным данным известно, что на поглотительную ёмкость оказывает влияние температурный фактор. Понижение температуры окружающей среды ухудшает эксплуатационные свойства и снижает поглотительную ёмкость веществ. В странах, отличающихся сложными климатическими условия-

ми на большей части территории, где строительство участвует в обеспечении добычи, переработки и перевозки нефтепродуктов, низкие температуры держатся более 5 месяцев в году. Поэтому важны исследования влияния отрицательных температур на поглотительные способности геоэкозащитного экрана.

Характер полученных зависимостей свидетельствовал о том, что поглотительные свойства пенобетонов с понижением температуры окружающей среды практически не изменяются. Но температурный фактор влияет на скорость процесса поглощения. При отрицательных температурах скорость процесса замедляется. Максимальное насыщение пенобетона нефтепродуктом при температуре  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  достигается за 5 мин, а при  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 15 мин. Это изменение кинетики процесса связано с влиянием температуры на вязкость загрязнителя, что следует учитывать на практике при работе в условиях низких температур и для разработки рекомендаций по их применению в качестве технических средств защиты лито- и гидросферы.

Первая превентивная технология рекомендована при строительстве временных сооружений для хранения на стройплощадке ГСМ. При такой технологии на поверхность пола сооружения наносят пенобетонную смесь, которая при застывании образует поризованную поверхность, способную к поглощению и локализации разлива нефтепродуктов.

Были проведены работы по созданию фрагмента склада временного хранения нефтепродуктов (дизельное масло) с превентивным геоэкозащитным экраном от разлива нефтепродуктов. Рабочий объем фрагмента склада нефтепродуктов предназначен для одновременного хранения не более 600 л нефтепродуктов, которые составили разлив  $L_v = 0,6\text{ м}^3$ . Площадь склада составляла  $6\text{ м}^2$ . Для создания превентивного геоэкозащитного экрана был использован монолитный пенобетон со средней плотностью D 500. После создания геоэкозащитного экрана и его твердения был произведен разлив нефтепродуктов и определены следующие показатели: время ликвидации нефтеразлива объемом  $V = 600\text{ л}$  составило 10 мин, глубина проникновения составила 0,1 м.

После демонтажа сооружения были взяты пробы на анализ почвы на содержание нефтепродуктов с использованием АН-2. Результаты исследования показали отсутствие нефтепродуктов в водных вытяжках почвы.

Следующая технология может быть предложена для превентивной защиты почв, техногенных грунтов и поверхностного стока при строительстве железнодорожных магистралей, где, как правило, не предусмотрена дождевая канализация и поэтому все поверхностные воды отводятся по рельефу местности, попадают в водоем или фильтруются в грунт, следовательно, и в подземные воды. Для защиты поверхностных вод и почв от нефтезагрязнений можно использовать раствор пенобетона, который наносится на балластную призму.

Такое применение позволяет, во-первых, повысить сбор загрязненных поверхностных сточных вод с железнодорожного полотна, во-вторых, застывший раствор пенобетона поглотит пленочные нефтепродукты, которые стекают с подвижного состава при его движении.

Таким образом, в отличие от природных сорбентов, пенобетон и материалы на его основе благодаря специфике своей структуры, возможности управления его физико-механическими свойствами, дешевизне и доступности является перспективной основой для создания нового поколения современных технических средств и технологий защиты литосферы от загрязнения её нефтепродуктами. Применение ассортимента новых превентивных средств и ресурсосберегающей технологии защиты может практически помочь в реализации концепции защиты окружающей среды в рамках одного из приоритетных направлений развития науки, технологии и техники в России – "Экология и ресурсосбережение" путём использования в строительной деятельности геоэкозащитных свойств поризованных материалов для строительства.

### **Выводы**

1. Определены следующие свойства пенобетонных строительных изделий: поглотительная и удерживающая ёмкости, скорость поглощения нефтепродуктов, максимальная высота подъема нефтепродуктов, скорость пропитки нефтепродуктами и удельная величина расплыва.

2. Обнаруженные свойства позволяют рассматривать пенобетон как геоэкозащитное средство. Предложены новые ликвидационные и превентивные технологии для защиты литосферы от разлива нефтепродуктов при транспортном и гражданском строительстве.

3. Определены параметры новых геоэкозащитных технологий, такие как расход пенобетонных блоков, высота подъема нефтепродуктов, время ликвидации, необходимая глубина экрана и площадь расплыва нефтепродуктов.

### **Литература**

1. *Сватовская Л.Б., Шершнева М.В., Хаммади М., Савельева М.Ю., Бойкова Т.И.* Улучшение строительных и геоэкозащитных свойств минеральных изделий в транспортном строительстве // Транспортное строительство. 2013. № 4. С. 30-32.

2. *Сватовская Л.Б., Шершнева М.В., Макарова Е.И., Сурков В.Н.* Ликвидационный метод геоэкозащитны литосферы от разливов нефтепродуктов, основанный на их капиллярном подсосе строительными изделиями // Вопросы оборонной техники. М.: НПО "Спецматериалов", 2013. Вып. №9-10, серия 16. С. 98-102.

3. *Сватовская Л.Б., Шершнева М.В., Латутова М.Н., Сычева А.М., Кондрашов А.А., Савельева М.Ю.* Инженерно-химические основы геозащиты природно-техногенных систем // Транспортное строительство. 2012. № 12. С. 20-21.