УДК 666.189.3:691.327:543

СТЕКЛООБРАЗНЫЕ ПЕНОМАТЕРИАЛЫ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ И ПЕРСПРЕКТИВЫ ОЧИСТКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

В.Е.КОГАН, *д-р хим. наук*, *профессор*, *vek51@list.ru*
Санкт-Петербургский горный университет, *Россия*

В статье приведен анализ экспериментальных материалов, результаты которых являются частью нового научного направления – комплексного исследования физико-химических закономерностей получения стеклообразных нефтесорбентов неорганической и органической природы и протекания процессов поглощения ими нефти и нефтепродуктов, – развиваемого на кафедре общей и физической химии Горного университета под руководством автора. Проведенными исследованиями, в частности, экспериментально доказана и теоретически обоснована специфика кинетических кривых нефтепоглощения для сорбентов со стеклообразной поверхностью.

Ключевые слова: разливы нефти и нефтепродуктов, загрязнение окружающей среды, стеклообразное состояние, пеностекло, жесткие пенополиуретаны, нефтесорбенты, кинетические кривые поглощения нефти и нефтепродуктов.

Добыча больших объемов нефти способствует увеличению площади загрязнения в штатных ситуациях и, что самое опасное, – возрастает количество аварий при транспортировке нефти и нефтепродуктов, среди которых наиболее тяжелыми по масштабам и последствиям являются аварии при водной транспортировке.

Нефтяное загрязнение дает не постоянную, а «залповую» нагрузку на среду, вызывая ее быструю ответную реакцию. При этом не всегда можно однозначно судить о возможности возврата экосистемы к ее устойчивому состоянию.

Методы ликвидации загрязнений нефтью водной поверхности делятся на механические, физико-химические, биологические и фотохимические [3, 18]. Толстые пленки нефти обычно удаляют с поверхности акваторий механическими методами, которые неприемлемы для удаления тонких пленок. В этом случае первостепенную роль приобретает сорбционный метод, относящийся к физико-химическим методам.

Весьма подробный анализ сорбционных материалов для очистки сточных и природных вод от нефтепродуктов приведен в работе [14], в которой, в частности, отмечается работа [5]. Авторами предложен новый тип биосорбента. Это ассоциации штаммов – деструкторов углеводородов, иммобилизированных на пористом сорбенте, представляющем собой пеностекло, полученное из пылевидной фракции стеклообразного фосфорсодержащего удобрения AVA, создающего оптимальные условия для питания и жизнедеятельности клеток микроорганизмов.

Недостатками этого биосорбента являются [11] низкая плавучесть, ассоциации штаммов могут работать лишь при температурах более 8 °С, а срок их хранения не превышает двух лет. При этом использование биосорбентов, относящееся к биологическим методам [1], не обеспечивает оперативности при ликвидации аварийных разливов.

Вопрос ликвидации загрязнений поверхностей нефтью пока не решен. Это, на наш взгляд, обусловлено двумя причинами: направленностью подавляющего большинства работ на создание нефтесорбентов для практического использования, а не на выявление физико-химических закономерностей протекания процессов нефтепоглощения на них, и неиспользованием всего широкого ассортимента материалов для получения нефтесорбентов.

Работы, проводимые на кафедре общей и физической химии Горного университета под руководством автора настоящей статьи, направлены на преодоление этих недостатков.

К наиболее неизученным в рассматриваемом аспекте материалам относятся пеностекла, которые в качестве нефтесорбентов до наших работ [10, 18] никем не исследовались. Это звучит несколько парадоксально, так как пеностекла первоначально предполагалось использовать в качестве плавающего материала, а плавучесть является одним из необходимых показателей нефтесорбентов [3].

В начале исследований [10, 18] из всего доступного ассортимента пеностекол, выпускаемых промышленностью, мы остановились на пеностекле ООО «Гомельстекло», что обусловлено использованием при его производстве в качестве газообразователя каменного угля. Стекло получено без нарушения технологического режима, черного цвета, что говорит о локализации на его поверхности остаточного углерода [2], хорошие гидрофобизирующие и адсорбционные показатели которого известны.

Для исследования в работах [10, 18], как и во всех последующих, использовалась нефть REBCO (Russian Export Blend Crude Oil). Гидрофобизация образцов пеностекла фракции 3-8 мм проводилась путем термической обработки в растворе силана. Определение нефтепоглощения, водопоглощения и плавучести проведено в соответствии с ТУ 214-10942238-03-95 «Оценка эффективности сорбента». Удельная поверхность образцов определялась по методике Клячко – Гурвича [5], элементный анализ – на CHN-анализаторе Vario EL (Германия).

В последующих исследованиях выполнялась отработка рецептурно-технологических режимов получения нефтесорбентов, расчет структурно-химического состава стекол по методике Р.Л.Мюллера [12, 13], расчет энергетических параметров процесса синтеза жестких пенополиуретанов (ППУ) на основании уравнения С.Аррениуса.

Для проведения электронно-микроскопического исследования образцы покрывали платиной в установке для высоковакуумного напыления Q150T фирмы «Quorum Technologies» (Великобритания). Электронно-микроскопическое исследование выполнено на сканирующем электронном микроскопе Supra 55 VP фирмы «Carl Zeiss» (Германия). Энергодисперсионный рентгеновский микроанализ выполнен на приставке (к электронному микроскопу) EDX 80 фирмы «Oxford Instruments Nano Analysis» (Великобритания). По стандартным методикам выполнен химический анализ образцов, определены плотность, кристаллизационная способность стекол и ряд других физико-химических свойств.

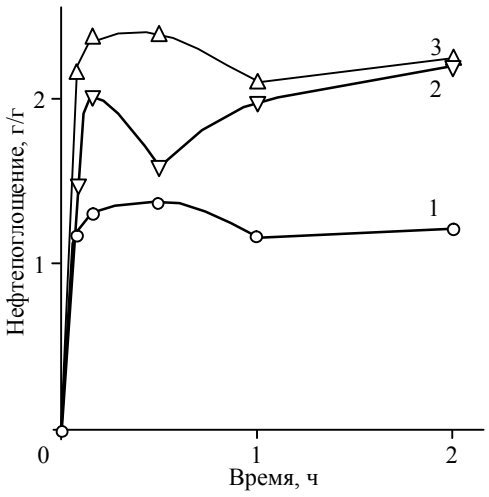


Рис.1. Кинетика нефтепоглощения сорбентами из пеностекла ООО «Гомельстекло»

1 – гидрофобизированное пеностекло;
2 – стекло светло-желтого цвета (окисление угля) без гидрофобизации;
3 – пеностекло без гидрофобизации

Гидрофобизированные образцы пеностекла ООО «Гомельстекло» имели нулевое водопоглощение. Плавучесть образцов (как гидрофобизированных, так и не прошедших гидрофобизацию) превысила 4 мес. Сорбенты с плавучестью более 72 ч относятся к сорбентам с высокой плавучестью [3], т.е. исследуемые нефтесорбенты (в том числе максимально насыщенные нефтью) можно рассматривать как практически непотопляемые. Десорбции нефти из образцов, находящихся вне нефти, не наблюдается. Вышесказанное характеризует все разработанные нами нефтесорбенты.

Наиболее интересные результаты были получены при изучении нефтепоглощения (рис.1). Для исследованных пеностекол кинетика нефтепоглощения в начальный период времени характеризуется наличием максимума. Такие зависимости ранее не были известны.

Большее нефтепоглощение у образцов, не прошедших гидрофобизацию (рис.1, кривая 2), мы связываем с нивелирующим влиянием гидрофобизатора на адсорбционные свойства локализованного на поверхности стекла остаточного углерода и с уменьшением удельной поверхности сорбента на 1,6 $м^2/г$ за счет закрытия мелких пор.

Для проверки предположения о нивелирующем влиянии гидрофобизатора на адсорбционные свойства локализованного на поверхности стекла остаточного углерода нами изучена кинетика нефтепоглощения образца пеностекла, полученного с нарушением технологического режима (рис.1, кривая 2). Светло-желтый цвет образца свидетельствовал о резком уменьшении содержания локализованного на поверхности стекла остаточного углерода. Действительно, как показал элементный анализ, содержание углерода в нем не превышало 0,45 %, в то время как в черном образце оно достигало 0,87 %. Светло-желтый образец имеет большее нефтепоглощение, чем гидрофобизированное стекло (рис.1, кривая 1), но меньшее, чем образец черного цвета без гидрофобизации (рис.1, кривая 3). Это подтверждает как наличие адсорбции локализованным на поверхности стекла остаточным углеродом, так и нивелирующее влияние на нее гидрофобизатора. Элементный анализ показал высокое содержание углерода в гидрофобизированном образце – 8,84 %. Однако оно обусловлено не увеличением содержания локализованного на поверхности стекла остаточного углерода, а углеродом, внесенным с фрагментами углеводородных цепей гидрофобизатора. В пользу этого говорит и повышение содержания водорода в гидрофобизированном пеностекле до 2,77 %, в то время как в пеностекле без гидрофобизации оно не превышает 0,26 %.

Пеностекло – это объемно-пористый материал с закрыто-ячеистой структурой. Открытые поры в исследованных образцах имеются в основном на его поверхности. Нефтепоглощение обусловлено двумя механизмами: поглощением нефти открытыми порами на поверхности раздела фаз (нефть – сорбент) и капиллярными силами, действующими, в частности, в пространстве порозности между образцами сорбента. Отсутствие дальнего порядка в стеклах и их химически микронеоднородное строение, обоснованное Р.Л.Мюллером [12; 13], наиболее вероятно приводят к возникновению градиента капиллярного потенциала в капиллярах со стеклообразной поверхностью (в том числе и в пространстве порозности). Отмеченное способствует вытеснению поглощенной нефти из капилляров с последующим перетеканием ее в объем всей нефти. При этом через тот или иной промежуток времени достигается стационарное равновесие: количество нефти, втягиваемое в капилляр (пространство порозности) становится равным количеству нефти, возвращающемуся из сорбента в ее общий объем. Рассмотренное обусловливает наличие максимумов на кинетических кривых нефтепоглощения в начальный период времени (рис. 1). При этом нами установлено, что по мере увеличения размеров открытых пор на поверхности сорбента происходит смещение максимума на кривой нефтепоглощения в сторону меньших времен (сравните кривую 2 с кривыми 1 и 3 на рис.1).

Для проверки предположения о том, что характер полученных кривых нефтепоглощения обусловлен особенностями стеклообразного состояния, нами был исследован образец пеностекла, полученный в лабораторных условиях из боя оконного стекла и не прошедший гидрофобизацию. Его кинетическая кривая нефтепоглощения полностью коррелирует с кинетическими кривыми нефтепоглощения, приведенными на рис.1, что говорит о справедливости сделанного предположения. Отмечается лишь смещение максимума на 45 мин, обусловленное наблюдаемым даже визуально уменьшением размеров открытых пор на поверхности сорбента.

На основании результатов исследования кинетики нефтепоглощения сорбентами из промышленного пеностекла возникал вопрос: является полученный для них характер кинетических зависимостей нефтепоглощения результатом особенностей неорганического стеклообразного состояния или он свойственен любому стеклообразному состоянию? Для ответа на этот вопрос было проведено исследование [9; 18], объектами которого были органические полимерные материалы (жесткие ППУ), которые могут находиться как в стеклообразном, так и в кристаллическом состояниях (с учетом понятий для полимеров).

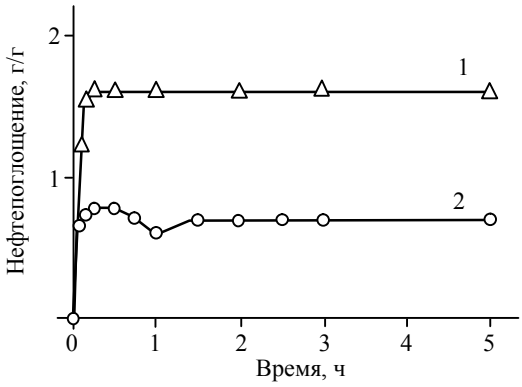


Рис. 2. Кинетика нефтепоглощения сорбентом из ППУ-Минск

1 – образец без гидрофобизации;
2 – гидрофобизированный образец

Для исследования были выбраны два типа жестких ППУ с закрыто-ячеистой структурой, выпускаемых промышленностью: стеклообразный ППУ производства ООО «Полипром», г.Санкт-Петербург (ППУ-Питер), и кристаллический ППУ производства белорусско-американского СП «ТСИН ЭСТ ТРЕЙД» ООО, г.Минск (ППУ-Минск).

Кинетические кривые нефтепоглощения образцами ППУ-Питер имеют характер, аналогичный полученному для нефтесорбентов из пеностекла (рис.1). Большее нефтепоглощение у образцов, не прошедших гидрофобизацию, мы связываем с уменьшением удельной поверхности сорбента за счет закрытия мелких пор и с термической стадией разработанной нами методики гидрофобизации, приводящей к усадке образцов и соответственно к уменьшению пространства порозности.

Исследование только нефтесорбента из ППУ-Питер позволило заключить, что специфический характер кинетических кривых нефтепоглощения обусловлен стеклообразным состоянием поверхности независимо от его природы. Подтверждением этого вывода являются результаты исследования кинетики поглощения сорбентом из ППУ-Минск (рис.2).

Кинетическая кривая нефтепоглощения для кристаллического образца ППУ-Минск без гидрофобизации идентична таковой для всех известных сорбентов. В то же время гидрофобизированный образец ППУ-Минск характеризуется наличием максимума в диапазоне 15-30 мин. Это, на наш взгляд, обусловлено термической стадией процесса гидрофобизации, температура которой достигала порядка 330 K, в то время как температура стеклования полиуретанов 226-356 K. Таким образом, в процессе гидрофобизации происходит переход из кристаллического в стеклообразное состояние, а скорость последующего охлаждения достаточна для его сохранения.

Дальнейшие работы были направлены на получение и исследование в качестве нефтесорбентов фосфатных пеностекол в системе $K_2O – (Mg,Ca)O – P_2O_5$ [16], что, в первую очередь, обусловливалось получением на их основе биосорбентов [4]. Это при удовлетворении требованиям, предъявляемым к нефтесорбентам [3], решало вопрос регенерации путем нанесения на сорбент с нефтью ассоциации штаммов. Регенерированный сорбент можно как повторно использовать, так и применять в качестве удобрения.

На первой стадии исследования была использована как порошкообразная фракция удобрения AVA с размером зерен ≤ 1 мм, продающаяся в розничной сети, так и полученный из нее порошок фракции < 100 мкм. Пеностекла, характеризующиеся практической непотопляемостью, удалось получить только используя (помимо основного вспенивателя – гидроортофосфата аммония) разработанные нами рецептуры органических соединений.

Для исследования кинетики нефтепоглощения образующаяся при вспенивании образцов корка механически удалялась только в образцах пеностекла в форме параллелепипедов (ФПС-1). Для сферических образцов пеностекла (ФПС-2) эффект «корки» не исключался.

Кинетические кривые нефтепоглощения для фосфатных пеностекол (рис.3) коррелируют с характером кинетических кривых нефтепоглощения сор-

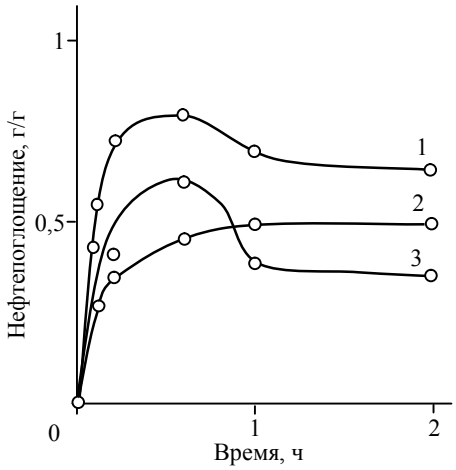


Рис.3. Кинетика нефтепоглощения сорбентами ФПС-1

1 – образец фракции 3-8 мм, полученный из порошка фракции < 100 мкм; 2 – закристаллизованный образец фракции 3-8 мм, полученный из порошка фракции < 100 мкм; 3 – образец фракции 3-8 мм, полученный из порошка фракции ≤ 1 мм

бентами со стеклообразной поверхностью пор. Наблюдавшееся понижение нефтепоглощения для образцов ФПС-2 по сравнению с образцами ФПС-1 связано с наличием «корки», понижающей активную площадь поглощения. Как и в случае силикатных пеностекол, гидрофобизация образцов привела к понижению нефтепоглощения. Особое внимание заслуживает кинетическая кривая нефтепоглощения образца ФПС-1, подверженного кристаллизации (рис.3, кривая 2), которая имеет характер кинетической кривой нефтепоглощения, присущий всем известным нефтесорбентам. Это еще раз говорит о том, что специфический характер нефтепоглощения обусловлен стеклообразным состоянием поверхности.

На образцах фракции 3-8 мм был проведен эксперимент по поглощению нефти в динамическом режиме, т.е. по поглощению с поверхности воды. Эксперимент дал позитивные результаты. Время полной очистки воды составило 10 мин.

Для проведения последующих исследований на ООО «Светлана-Маловишерский стекольный завод» было синтезировано стекло типа AVA. Стекло хорошо вспенивается, при этом равномерность распределения пор выше, чем в случае использования порошкообразной фракции удобрения AVA, продающейся в розничной сети.

Еще одним объектом для разработки нефтесорбентов явилось промышленное стекло С52-1 (гранулят производства ООО «Светлана-Маловишерский стекольный завод»). Такой выбор обусловлен, в частности, проведенным нами с учетом данных работ [7, 15, 17, 19] теоретическим анализом [8], согласно которому стекло С52-1, в отличие от однофазных стекол, изучавшихся нами ранее [10; 16; 18], является ликвирующим, что подтверждают данные электронно-микроскопического исследования. В связи с этим становятся реальными перспективы дальнейшей модификации структуры сорбентов (на наноструктурном уровне) по методике получения пористых стекол. Низкий коэффициент линейного термического расширения стекла С52-1 позволяет проводить многократную термическую обработку сорбента. В результате этого возвращается часть поглощенной им нефти или нефтепродуктов с одновременной регенерацией сорбента, при этом после достижения предельной кратности использования сорбент может быть применен в производстве как в качестве стеклобоя при варке стекла С52-1, так и непосредственно при получении новых партий нефтесорбентов. Таким образом, открываются перспективы создания замкнутого цикла, обеспечивающего безотходность производства.

Для полученных нефтесорбентов кинетические кривые поглощения как нефти, так и дизельного топлива (использовано дизельное топливо ULSD 10ppm (Ultra Low Sulfur Disel) с содержанием 10 мг/кг серы) характеризуются наличием максимумов при времени выдержки 5-7,5 мин. Высота максимума и абсолютные значения поглощения в случае дизельного топлива меньше, что обусловлено его более низкими плотностью и кинематической вязкостью (837,8 кг/м^3 и 4,1·10^{-6} м^2/с), чем у нефти (863,3 кг/м^3 и 25,0·10^{-6} м^2/с) при 20 °С. Исследование полученных на первом этапе нефтесорбентов показало, что в динамическом режиме время полной очистки воды от разлива нефти составило 2 мин.

Дальнейшее развитие нашли и работы в области жестких ППУ [6]. Синтез ППУ проводили из полиизоцианата Cosmonate M-200 (KUMNO MITSUI CHEMICALS, INC., Корея) – компонент Б и полиэфира насыщенного «ПолиХим-2001» Р-71 (ЧП «ХИМПОСТАВЩИК», Украина) – компонент А при температурах 20, 30, 40, 50, 60 и 70 °С. Кинетические кривые нефтепоглощения для всех полученных образцов характеризуются наличием максимума.

По времени τ протекания процесса получения ППУ при различных температурах была рассчитана кажущаяся скорость процесса $v_{каж}$=1/ τ. Зависимость $\ln v_{каж} = f(1/T)$ характеризуется наличием перегиба при температуре 315,46 К, что сопоставимо с температурой кипения вспенивателя – смеси высокотемпературных фреонов. Это указывает на то, что процесс получения ППУ является сложным и состоит, как минимум, из собственно реакции между компонентами А и Б (кинетическая область, энергия активации 24,94 кДж/моль) и диффузии вспенивателя в реакционном пространстве, обеспечивающей получение пеноматериала (диффузионная область, энергия активации 9,15 кДж/моль). Значения энергии активации

лежат в пределах, характерных для реакций неравновесной поликонденсации (полиприсоединения). Полученный характер зависимости $\ln v_{каж} = f(1/T)$, наиболее вероятно, связан с увеличением скорости диффузии и понижением ее энергии активации при температуре выше 315,46 K.

Увеличение температуры синтеза приводит к повышению нефтепоглощения, что, наиболее вероятно, обусловлено увеличением размера пор на поверхности сорбента. В частности, если объем полученного образца ППУ, синтезированного при 20 °C, превышает объем реагентов в 14,5 раз, то в случае синтеза при температуре 70 °C – в 18,7 раз. При этом плотность полученных образцов снижается приблизительно на 30 кг/м^3.

Прямым подтверждением сформулированных предположений явились результаты электронно-микроскопического исследования и энергодисперсионного рентгеновского микроанализа. Последние показали увеличение содержания в поверхности ППУ по мере увеличения температуры синтеза F и Cl, единственным источником которых является смесь высокотемпературных фреонов. Это однозначно подтверждает, что повышение температуры синтеза сопровождается бóльшим и более резким газовыделением вспенивателя, обусловленным увеличением скорости его диффузии в реакционной среде.

Выводы

1. Экспериментально доказана и теоретически обоснована специфика кинетических кривых нефтепоглощения для сорбентов со стеклообразной поверхностью.

2. Отработаны рецептурно-технологические режимы получения стеклообразных нефтесорбентов неорганической и органической природы.

3. Установлена эффективность полученных сорбентов при работе в динамическом режиме.

4. Намечены пути регенерации сорбентов и их многократного использования с созданием безотходного производства.

5. Разработаны нефтесорбенты на основе ликвирующего стекла, что открывает перспективы дальнейшей модификации пористой структуры сорбентов (на наноструктурном уровне).

6. Доказано, что процесс получения ППУ является сложным физико-химическим процессом и состоит, как минимум, из собственно реакции между компонентами А и Б (кинетическая область) и диффузии вспенивателя в реакционном пространстве, обеспечивающей получение пеноматериала (диффузионная область).

Автор выражает благодарность доцентам П.В.Згоннику и Т.С.Шахпароновой и аспирантам В.А.Черняеву, Д.О.Ковиной, А.А.Гафиуллиной за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аренс В.Ж.* Нефтяные загрязнения: как решить проблему / В.Ж.Аренс, О.М.Гридин, А.Л.Яншин // Экология и промышленность России. № 9. 1999. С.33-36.

2. *Демидович Б.К.* Пеностекло. Минск: Наука и техника, 1975. 248 с.

3. *Каменщиков Ф.А.* Нефтяные сорбенты / Ф.А.Каменщиков, Е.И.Богомольный. М. – Ижевск: R&C Dynamics, 2005. 278 с.

4. *Карапетян Г.О.* Экологически безопасное стеклообразное удобрение «Агровитаква-AVA», восстанавливающее природные ресурсы / Г.О.Карапетян, К.Г.Карапетян, В.Е.Коган // Тр. юбилейной научно-техн. конф. АИН РФ. СПбГТУ, 2001. С.15-18.

5. *Клячко-Гурвич А.Л.* Упрощенный метод определения поверхности по адсорбции воздуха // Изв. АН СССР, отд. хим. наук. 1961. № 10. С.1884-1886.

6. Кинетические закономерности получения пенополиуретана для нефтесорбентов / В.Е.Коган, П.В.Згонник, Т.С.Шахпаронова, В.А.Черняев // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 10 (29). Ч. I. С.29-30.

7. *Коган В.Е.* Концентрационная зависимость электропроводности и структурные особенности боросиликатных стекол / В.Е.Коган, Т.Г.Мачарадзе // Изв. АН ГССР. Сер. химическая. 1980. Т.6. № 4. С.322-331.

8. *Коган В.Е.* Лабораторные исследования возможности изготовления сорбентов нефти и нефтепродуктов на основе малощелочных алюмоборосиликатных стекол / В.Е.Коган, П.В.Згонник, А.А.Гафиуллина // Нефтяное хозяйство. 2015. № 8. С.125-127.

9. *Коган В.Е.* Нефтесорбенты из пенополиуретанов и кинетика нефтепоглощения // В.Е.Коган, П.В.Згонник, В.А.Черняев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 5 (52). С.26-30.

10. *Коган В.Е.* Нефтесорбенты из пеностекла и кинетика нефтепоглощения / В.Е.Коган, П.В.Згонник, Д.О.Ковина // Теория и практика современной науки: Материалы IX Междунар. науч.-практ. Конференции: в 2 т. Т.2. М.: Спецкнига, 2013. С.36-41.

11. *Коган В.Е.* Поликристаллические и стеклообразные фосфорсодержащие удобрения / В.Е.Коган, К.Г.Карапетян. СПб: ЛЕМА, 2015. 160 с.

12. *Мюллер Р.Л.* Химия твердого тела и стеклообразное состояние // Химия твердого тела. Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. С.9-63.

13. *Мюллер Р.Л.* Электропроводность стеклообразных веществ // Сб. трудов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1968. 251 с.

14. *Собгайда Н.А.* Сорбционные материалы для очистки сточных и природных вод от нефтепродуктов // Вестник ХНАДУ. 2011. Вып.52. С.120-124.

15. *Шульц М.М.* Стекло: структура, свойства, применение // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 5. С.49-55.

16. Физико-химические аспекты получения нефтесорбентов из фосфатных пеностекол и кинетика нефтепоглощения / В.Е.Коган, П.В.Згонник, Т.С.Шахпаронова, Д.О.Ковина // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. № 4 (63). Ч. I. С.33-36.

17. Явления ликвации в стеклах / Н.С.Андреев, О.В.Мазурин, Е.А.Порай-Кошиц, Г.П.Роскова, В.Н.Филиппович. Л.: Наука, 1974. 219 с.

18. *Kogan V.E.* Glass and polymer materials: effective oil sorbents // V.E.Kogan, P.V.Zgonnik, D.O.Kovina, V.A.Chernyaev / Glass and Ceramics. 2014. Vol.70. N 11-12. P.425-428.

19. *Yun Y.H.* Nuclear magnetic resonance studies on the glasses in the system $Na_2O - B_2O_3 - SiO_2$ / Y.H.Yun, P.J.Bray // Journal of Non-Crystalline Solids. 1978. Vol.27. P.363-380.

REFERENCES

1. *Arens V.Zh.*, *Gridin O.M.*, *Yanshin A.L.* Neftyanye zagryazneniya: kak reshit' problemu (*Oil pollution: how to solve a problem*). Ekologiya i promyshlennost' Rossii. N 9. 1999, p.33-36.

2. *Demidovich B.K.* Penosteklo (*Foam glass*). Minsk: Nauka i tekhnika, 1975, p.248.

3. *Kamenshchikov F.A.*, *Bogomol'nyi E.I.* Neftyanye sorbenty (*Oil sorbents*). Moscow – Izhevsk: R&C Dynamics, 2005, p.278.

4. *Karapetyan G.O.*, *Karapetyan K.G.*, *Kogan V.E.* Ekologicheski bezopasnoe stekloobraznoe udobrenie «Agrovitakva-AVA», vosstanavlivayushchee prirodnye resursy (*Ecologically safe vitreous «Agrovitakva-AVA» fertilizer recovering natural resources*). Tr. yubileinoi nauchno-tekhn. konf. AIN RF. SPbGTU, 2001, p.15-18.

5. *Klyachko-Gurvich A.L.* Uproshchennyi metod opredeleniya poverkhnosti po adsorbtsii vozdukha (*The simplified method of determination of a surface on air adsorption*). Izv. AN SSSR, otd. khim. nauk. 1961. N 10, p.1884-1886.

6. *Kogan V.E.*, *Zgonnik P.V.*, *Shakhparonova T.S.*, *Chernyaev V.A.* Kineticheskie zakonomernosti polucheniya penopoliuretana dlya neftesorbentov (*Kinetic regularities of receiving polyurethane foam for oil sorbents*). Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2014. N 10 (29). Iss. I, p.29-30.

7. *Kogan V.E.*, *Macharadze T.G.* Kontsentratsionnaya zavisimost' elektroprovodnosti i strukturnye osobennosti borosilikatnykh stekol (*The concentration dependence of the electrical conductivity and structural characteristics of borosilicate glasses*). Izv. AN GSSR. Ser. khimicheskaya. 1980. Vol.6. N 4, p.322-331.

8. *Kogan V.E.*, *Zgonnik P.V.*, *Gafiullina A.A.* Laboratornye issledovaniya vozmozhnosti izgotovleniya sorbentov nefti i nefteproduktov na osnove maloshchelochnykh alyumoborosilikatnykh stekol (*Laboratory studies of oil and oil products sorbents based on low-alkali alumoborosilicate glasses*). Neftyanoe khozyaistvo. 2015. N 8, p.125-127.

9. *Kogan V.E.*, *ZgonnikP.V.*, *Chernyaev V.A.* Neftesorbenty iz penopoliuretanov i kinetika neftepogloshcheniya *Oil sorbents from polyurethane foam and oil absorption kinetics*). Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2013. N 5 (52), p.26-30.

10. *Kogan V.E.*, *Zgonnik P.V.*, *Kovina D.O.* Neftesorbenty iz penostekla i kinetika neftepogloshcheniya (*Oil sorbents from a foam glass and oil absorption kinetics*). Teoriya i praktika sovremennoi nauki: Materialy IKh Mezhdunar. nauch.-prakt. Konferentsii: in 2 vols. Vol. 2. Moscow: Spetskniga, 2013, p.36-41.

11. *Kogan V.E.*, *Karapetyan K.G.* Polikristallicheskie i stekloobraznye fosforsoderzhashchie udobreniya (*Polycrystalline and vitreous phosphorus-containing fertilizers: Monograph*). St Petersburg: LEMA, 2015, p.160.

12. *Myuller R.L.* Khimiya tverdogo tela i stekloobraznoe sostoyanie (*Chemistry of a solid body. Chemistry of a solid body and vitreous state*). Khimiya tverdogo tela. Leningrad: Izd-vo LGU, 1965, p.9-63.

13. *Myuller R.L.* Elektroprovodnost' stekloobraznykh veshchestv (*The electrical conductivity of vitreous materials: Proceedings*). Sb. trudov. Leningrad: Izd-vo LGU, 1968, p.251.

14. *Sobgaida N.A.* Sorbtsionnye materialy dlya ochistki stochnykh i prirodnykh vod ot nefteproduktov (*Absorbent materials for waste and natural waters from oil products*). Vestnik KhNADU. 2011. Iss.52, p.120-124.

15. *Shul'ts M.M.* Steklo: struktura, svoistva, primenenie (*Glass: structure*, *properties*, *application*). Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal. 1996. N 5, p.49-55.

16. *Kogan V.E.*, *Zgonnik P.V.*, *Shakhparonova T.S.*, *Kovina D.O.* Fiziko-khimicheskie aspekty polucheniya neftesorbentov iz fosfatnykh penostekol i kinetika neftepogloshcheniya (*Physical and chemical aspects of receiving oil sorbents from phosphate foam glasses and oil absorption kinetics*). Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2014. N 4 (63). Part I, p.33-36.

17. *Andreev N.S.*, *Mazurin O.V.*, *Porai-Koshits E.A.*, *Roskova G.P.*, *Filippovich V.N.* Yavleniya likvatsii v steklakh *The phenomena of phase separation in glasses*). Leningrad: Nauka, 1974, p.219.

18. *Kogan V.E.*, *Zgonnik P.V.*, *Kovina D.O.*, *Chernyaev V.A.* Glass and polymer materials: effective oil sorbents. Glass and Ceramics. 2014. Vol.70. N 11-12, p.425-428.

19. *Yun Y.H.*, *Bray P.J.* Nuclear magnetic resonance studies on the glasses in the system $Na_2O - B_2O_3 - SiO_2$. Journal of Non-Crystalline Solids. 1978. Vol.27, p.363-380.

INORGANIC AND ORGANIC VITREOUS FOAM MATERIALS AND PROSPECT OF ENVIRONMENTAL CLEANING FROM OIL AND OIL PRODUCTS POLLUTIONS

V.E.KOGAN, *Dr. of Chemical Sciences*, *Professor*, *vek51@list.ru*
Saint-Petersburg Mining University, *Russia*

The analysis of own experimental materials which are part of the new scientific direction – complex research of physical and chemical regularities of novel inorganic and organic vitreous sorbents and investigation of the oil and oil products absorption processes by that sorbents developed on department of the General and Physical Chemistry of National Mineral Resources University (Mining University) under the leadership of the author of this paper is provided. In particular, specifics of kinetic curves of oil absorption for sorbents with a vitreous surface are experimentally established and theoretically proved by the conducted researches.

Key words: oil and oil products spills, environmental pollution, vitreous state, foam glasses, rigid polyurethane foam, oil sorbents, absorption kinetic curves of oil and oil products.