

УДК 627.81.001.57

Е.А.Максимова (асп., каф. МВТС),  
А.И.Альхименко, д.т.н., проф., М.А.Михалев, д.т.н., проф.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НЕФТЕОКИСЛЯЮЩИХ СОРБЕНТОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Проблема загрязнения поверхности морей нефтью ставит перед наукой целый ряд задач, связанных с созданием эффективных методов борьбы с ними, так как нарастающее загрязнение нефтепродуктами водной среды – весьма актуальная глобальная проблема.

В настоящее время все более широкое применение в нефтесборной практике находят природоохранные биотехнологии с использованием иммобилизованной микрофлоры. Иммобилизованные микроорганизмы – это микроорганизмы (биофракции), прикрепленные к какому-либо носителю. Целью данной работы является выявление основных закономерностей, присущих движению данного вида нефтеокисляющих сорбентов в воде. Задачей данного исследования являлось определение скоростей осаждения частиц в зависимости от гранулометрического состава определенной фракции в спокойной водной среде.

При исследовании гидродинамических свойств биосорбентов выяснилось, что при его попадании на пленку нефти происходит разделение биофракции с носителями. Биофракции, намокая в нефтяной пленке, начинают осаждаться даже в спокойной воде со скоростью, зависящей от гранулометрического состава. Проведенные исследования показали, что скорость равномерного осаждения биофракций в неподвижной среде колеблется от 0,25 до 4,5 см/сек. Также выяснилось, что при намокании биофракций нефтью, часть их осаждается под действием сил тяжести, но по прошествии некоторого времени микроорганизмы начинают перерабатывать нефть с выделением газа. Пузырек газа появляется на поверхности частицы и увлекает ее на поверхность водной толщи-происходит всплытие биофракции.

Разделение биосорбента по гранулометрическому составу позволило определить максимальный и минимальный размер биофракции, при котором происходит их осаждение. Так, например, частицы с размерами  $>10$  мм не осаждаются и, как следствие, не всплывают; а частицы с размерами  $<0,1$  мм произвольно укрупняются на поверхности пленки вследствие высокой собственной адгезии и осаждаются в укрупненном виде, поэтому объективно определить их скорость осаждения не представляется возможным. При проведении исследований выяснилось, что частицы со скоростью осаждения  $<2,5$  см/сек, не успевают пройти весь путь осаждения, замедляются, останавливаются и, не достигнув дна, начинают всплывать. Скорость всплытия биофракций лежит в пределах  $(1,8-2,5) \cdot 10$  см/сек.

Математическую задачу об установлении скоростей падения частиц в жидкости можно трактовать как задачу о сопротивлении жидкости при движении в ней твердых тел. Обтекание тел потоком жидкости определяется тремя числами подобия: Эйлера, Фруда и Рейнольдса. К этим числам подобия можно добавить комплекс  $(\rho' - \rho)/\rho$ , который представляет отношение веса, действующего на частицу, за вычетом архимедовой силы, к архимедовой силе, и является критерием подобия. Этот комплекс характеризует поведение твердых частиц в жидкой среде. Если  $(\rho' - \rho)/\rho < 0$ , т.е.  $\rho' < \rho$ , частицы всплывают; при  $(\rho' - \rho)/\rho > 0$ , т.е.  $\rho' > \rho$ , частицы тонут.

Гранулометрический состав биосорбента и его гидродинамические характеристики говорят о том, что его движение в воде с самого начала можно рассматривать происходящим в поле силы тяжести, уменьшенной на величину  $(\rho' - \rho)/\rho$ . Однако, при скорости осаждения

частицы  $< 2,5$  см/сек определяющим становится критерий Рейнольдса  $Re$ , в состав которого входит критерий Архимеда  $Ar$ , который находится по формуле:

$$Ar = (gd / \nu)((\rho' - \rho)/\rho),$$

где  $g$  – ускорение свободного падения частицы;  $d$  – объем частицы;  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости жидкости.

При вычислении критерия Архимеда станет возможным вычисление таких важных характеристик осаждения биофракции, как гидравлическая крупность частицы. Также необходимым является изучение вопроса об осаждении биосорбентов в водной среде различной температуры и солености, так как они вкуче сильно влияют и на вязкостный режим осаждения и на активность биофракции в толще воды (при низких температурах, очевидно, замедляется скорость окисления нефти на поверхности биофракции, находящейся в толще воды, и, как следствие, меняется скорость всплытия биофракции). В то же время при низких температурах и повышенной солености (до 30-50 промилле) повышается вязкость воды, и, следовательно, скорость осаждения будет отличаться от их скорости осаждения в теплой и пресной воде. Четкое выяснение всех этих закономерностей в спокойной, неподвижной воде позволит предсказать поведение биосорбента уже в движущейся водной среде.