

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ИОНОВ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД С ПОМОЩЬЮ КОМПОЗИТНОГО БИОСОРБЕНТА

А.С. Буянкина

Научный руководитель: к. м. н., доцент кафедры БИОХ М. В. Чубик  
 Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет,  
 Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
 E-mail: [lina.buyankina@mail.ru](mailto:lina.buyankina@mail.ru)

Во всем мире в связи с бурным развитием промышленности проблемы охраны окружающей среды становятся все более и более актуальными. Эксплуатация АЭС является одной из причин образования большого количества радиоактивных отходов. Решить эту проблему можно с помощью разработки экономически выгодного и эффективного метода очистки загрязненных водоемов от ионов вредных металлов. Предельно допустимая концентрация (ПДК) для растворимых соединений урана составляет 0,01 мг/л, уран относят к первому классу опасности [1].

В качестве компонента композитного сорбента нами были выбраны плесневые грибы *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастицы  $Fe_3O_4$ , которые обладают способностью сорбировать радиоактивные металлы.

Эксперименты показали, что данные композитные сорбенты эффективны для сорбции не только ионов урана, но и других ионов радиоактивных и тяжелых металлов. Было обнаружено, что из трех видов плесневых грибов наибольшей сорбционной активностью по отношению к ионам урана обладает *Aspergillus niger*. Оптимальное время экспозиции, вне зависимости от входящих в состав композитного сорбента грибов – 2 часа. Так же было обнаружено, что данный композитный биосорбент способен к десорбции и повторному использованию как минимум три раза. При этом степень сорбции незначительно уменьшается.

Исследования композитного биосорбента проводили по отношению к водным модельным растворам уранила азотнокислого с различной исходной концентрацией ионов урана. Остаточную концентрацию урана измеряли на спектрофлуориметре «Флюорат-02-2М». По полученным экспериментальным данным (табл. 1) была построена изотерма сорбции (рис.1) и определены основные коэффициенты процесса адсорбции, рассчитана максимальная емкость сорбента  $\Gamma_\infty$  (табл. 2).

Эффективность сорбции оценивали с помощью показателя относительной сорбции:

$$S(\%) = \frac{C_{\text{нач}} - C_{\text{кон}}}{C_{\text{нач}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $C_{\text{нач}}$  и  $C_{\text{кон}}$  - начальная и конечная концентрации катионов  $UO_2^{2+}$ , мкг/л.

Количество вещества  $\Gamma$ , мг/г, молекулярно сорбированных из растворов (величина сорбции), определялось по формуле 2:

$$\Gamma = \frac{(c_0 - c_p) \cdot V}{m} \quad (2),$$

где  $c_0$  и  $c_p$  – начальные и равновесные концентрации адсорбата, мкг/л ( $c_0 = C_{\text{нач}}$  и  $c_p = C_{\text{кон}}$ );

$V$  – объем раствора, из которого происходит адсорбция, л;  $m$  – количество адсорбента, г;

Для обработки экспериментальных данных процесса сорбции и для получения основных его параметров строилась изотерма сорбции Лэнгмюра. Уравнение изотермы для мономолекулярной сорбции из растворов имеет вид:

$$\Gamma = \Gamma_\infty \frac{K_s \cdot C_p}{1 + K_s \cdot C_p}, \quad (3)$$

где  $\Gamma_\infty$  – максимально возможное предельное значение сорбции, мкг/г;

$C_p$  – равновесная концентрация сорбтива, мкг/л [2];

На рисунке 1 представлена изотерма сорбции. Из графика видно, что изотерма монотонно возрастает с увеличением концентрации ионов урана. Почти горизонтальный участок, который соответствует относительно высоким концентрациям катионов  $UO_2^{2+}$ , отвечает поверхности сорбента, полностью насыщенным ионами урана. Величина удельной сорбционной способности в этом случае не зависит от равновесной концентрации металла в растворе, что свидетельствует об образовании на

поверхности мономолекулярного слоя. Средний участок изотермы соответствует промежуточным степеням заполнения поверхности сорбента.

Таблица 1 - Экспериментальные и расчетные величины, необходимые для построения изотерм сорбции урана композитным сорбентом

$C_0$ , мкг/л	$C_p$ , мкг/л	$\Gamma$ , мкг/г	$C_p/\Gamma$ , г/л	$S$ , %	$\lg C_p$	$\lg \Gamma$
230,3	108,4	6,1	17,8	52,9	2,0	0,8
362,7	212,7	7,5	28,4	41,4	2,3	0,9
605,8	435,5	8,5	51,1	28,1	2,6	0,9
791,6	615,7	8,8	70,0	22,2	2,8	0,9
899,8	713,9	9,3	76,8	20,7	2,9	1,0
1008,3	811,6	9,8	82,5	19,5	2,9	1,0
1099,4	895,8	10,2	88,0	18,5	3,0	1,0
1445,8	1244,5	10,1	123,6	13,9	3,1	1,0

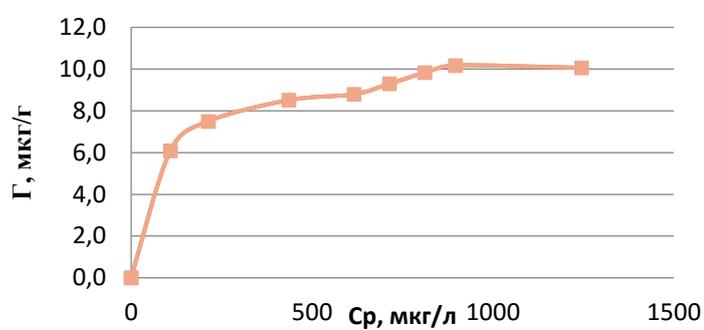


Рис. 1. Изотерма сорбции уранила азотнокислого композитным биосорбентом

С помощью линеаризации уравнения Ленгмюра можно определить предельную величину сорбции  $\Gamma_\infty$ , соответствующую полному мономолекулярному покрытию сорбента молекулами сорбата.

Таблица 2 – Параметры сорбции

Раствор	Константы уравнения Ленгмюра		Константы уравнения Фрейндлиха	
	$\Gamma_\infty$	$K_s$	$\beta$	$n$
$UO_2(NO_3)_2$	10,5	0,01	2,04	0,25

Доказано, что полученная изотерма сорбции принадлежит к изотерме мономолекулярной сорбции Ленгмюра. График изотермы монотонно приближается к некоторому предельному значению, соответствующему полностью заполненному монослою композитного сорбента. Изотермы сорбции можно описать уравнением Фрейндлиха, что означает что сорбция ионов урана композитным биосорбентом можно отнести к молекулярной сорбции в статических условиях на пористых сорбентах [2].

Композитный биосорбент конкурентоспособен по сравнению с другими технологиями, он экологичен, удобен в эксплуатации, экономичен, а также он способен к регенерации и его можно использовать многократно.

### Список литературы

1. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», 2003
2. Михеева Е.В., Пикула Н.П., Карбаинова С.Н. Поверхностные явления и дисперсные системы. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. 116 с.