



УДК: 541.1+628.16

## Влияние концентрации регенерационного раствора на глубину отмывки анионита АВ-17 от щелочи

Галкина Н.К., Комарова И.В., Шептовецкая К.И.

*Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, Москва*

Поступила в редакцию 8.09.2010 г.

### Аннотация

На основании экспериментального изучения процесса глубокой отмывки анионита АВ-17 от щелочи различной концентрации показано, что параметры, характеризующие глубину отмывку, близки между собой, при концентрации раствора больше 0.3 N. Коэффициенты математической модели глубокой отмывки не зависят от высоты слоя ионита, начиная с высоты 25 см. Используя полученные коэффициенты, можно рассчитывать процесс глубокой отмывки анионита АВ-17 от щелочи в промышленных фильтрах.

**Ключевые слова:** глубокая отмывка, анионит АВ-17, концентрация щелочи, размеры колонны, коэффициенты математической модели

The processes of deep washing of anion-exchanger AV-17 from differently concentrated alkali solutions was experimentally studied. It was shown that coefficients of mathematical model at the stage do not depend on concentration of alkali over 0.3N, also do not depend on bed height greater than 25cm. Coefficients of model can be used for calculation of deep washing process for anion-exchanger industrial filters.

**Keywords:** deep washing, anionite AV-17, concentration solution alkali, column size, coefficients of mathematical model

### Введение

Ранее [1] нами было описано использование решения уравнения идеального перемешивания раствора для расчета заключительного этапа отмывки колонн от остатков регенерационного раствора при предположении зависимости от времени параметра  $\varepsilon$ , характеризующего порозность колонны. На примере анионита АВ-17 была сформулирована зависимость коэффициентов уравнения от объема пропускаемого раствора, а также получены величины параметров уравнения для колонны одного размера и одной концентрации отмываемого раствора.

Представляло интерес оценить возможность применения предложенного подхода для расчета процесса отмывки колонн после проведения регенерации растворами щелочи разной концентрации, а также отмывки колонн разного размера.

## Теоретическая часть

Как уже отмечалось ранее, глубокая отмывка колонны анионита от остатков регенерационного раствора может быть описана уравнением идеального перемешивания  $C/C_0 = e^{-(t/\tau)}$ ,  $t = l \varepsilon / v$  с коэффициентом порозности  $\varepsilon$ , зависящем от времени.

Эта зависимость может быть представлена как:

$$\varepsilon = K_2 e^{2,3K_1 vt/l} \quad (1)$$

В результате предыдущих экспериментальных исследований был установлен характер зависимости коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$  от объема отмывочной воды:

$$K_1 = C / (D + V/W) \quad (2)$$

$$K_2 = B + A(V/W) \quad (3)$$

из которых по соответствующим программам, использующим метод наименьших квадратов, могут быть определены параметры  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ , позволяющие рассчитывать выходные кривые глубокой отмывки анионита АВ-17 от щелочи.

## Эксперимент

Поскольку ранее было установлено, что коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  не зависят от скорости потока, в задачу настоящей работы входило установление связи коэффициентов  $A, B, C, D$  с концентрацией отмываемого раствора и с размерами колонны при выбранной скорости потока.

Исходной информацией для расчета коэффициентов модели являются экспериментальные выходные кривые. Выходные кривые глубокой отмывки раствора после проведения процесса регенерации получали на автоматизированном стенде исследований ионообменных процессов АСНИ-ГЕОХИ [2,3].

Для изучения зависимости коэффициентов модели от концентрации регенерационного раствора были получены экспериментальные выходные кривые отмывки анионита АВ-17 от концентрированных (0.85, 0.50, 0.27 N) и от разбавленных (2.3  $10^{-2}$ , 1.6  $10^{-3}$ , 1.9  $10^{-4}$  N) растворов NaOH на колоннах сечением 25.25 см<sup>2</sup> длиной 25 и 50 см и колонне 15 см сечением 1.56 см<sup>2</sup> при скорости потока 0.10-0.15 см/сек, постоянство которой обеспечивалось работой автоматизированного стенда.

Опыты проводились следующим образом: на вход колонны, заполненной анионитом АВ-17 в гидроксильной форме (в пространстве между зернами находится раствор NaOH заданной концентрации), подавалась дистиллированная вода. Концентрация щелочи определялась кондуктометрическим методом. Сбор данных с датчиков измерения электропроводности раствора осуществлялся непрерывно в потоке в течение всего процесса отмывки. Экспериментальные выходные кривые, а также результаты их обработки помещались в банк экспериментальных данных.

На рис.1 показана концентрация раствора на выходе из колонны при разных начальных концентрациях щелочи в пространстве между зернами в зависимости от  $V/W$ , где  $V$  - пропущенный объем раствора (мл),  $W$  - объем слоя анионита (мл). Наглядно видно, что чем выше концентрация щелочи, используемой для регенерации, тем больше требуется воды для достижения нужной глубины отмывки.

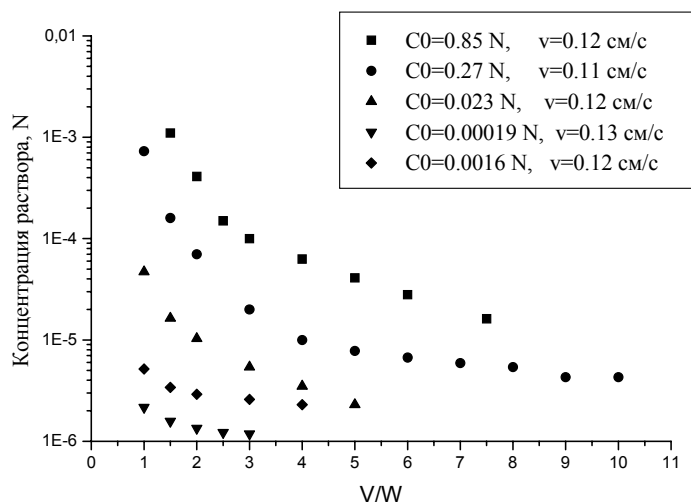


Рис. 1 Экспериментальные выходные кривые отмывки анионита АВ-17 от растворов NaOH разной концентрации. Размер колонны: длина 50 см, сечение  $25,25 \text{ см}^2$

На рис. 2-4 представлены результаты исследования глубокой отмывки в зависимости от размеров колонны. Эксперименты проводились на колоннах трех размеров. При регенерации перед отмывкой использовались 1.0, 0.5 и 0.3 N растворы NaOH. Выходные кривые представлены в координатах  $C/C_0$  -  $V/W$ .

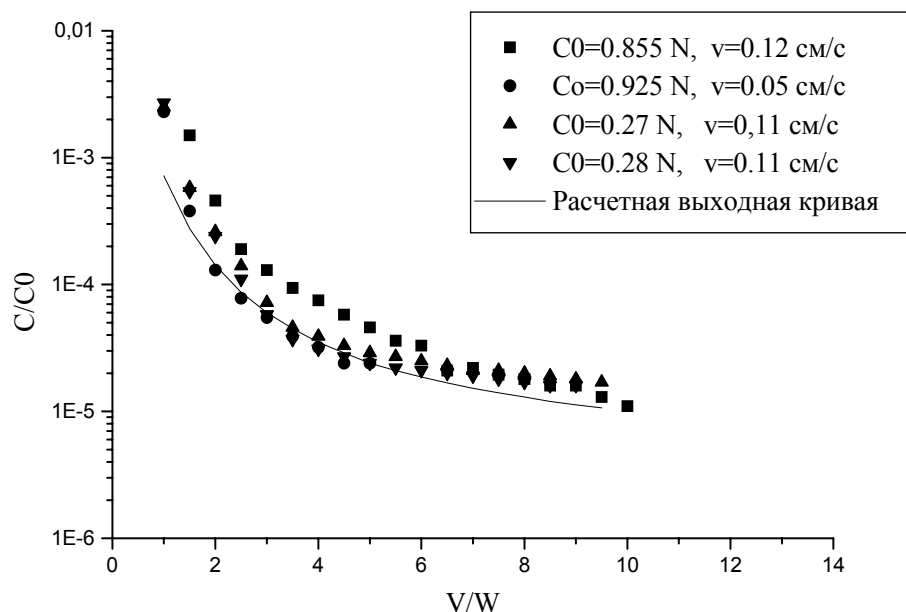


Рис. 2. Экспериментальные выходные кривые отмывки анионита АВ-17 от 0.28 и 0.85 N NaOH. Размер колонны: длина 50 см, сечение  $25,25 \text{ см}^2$

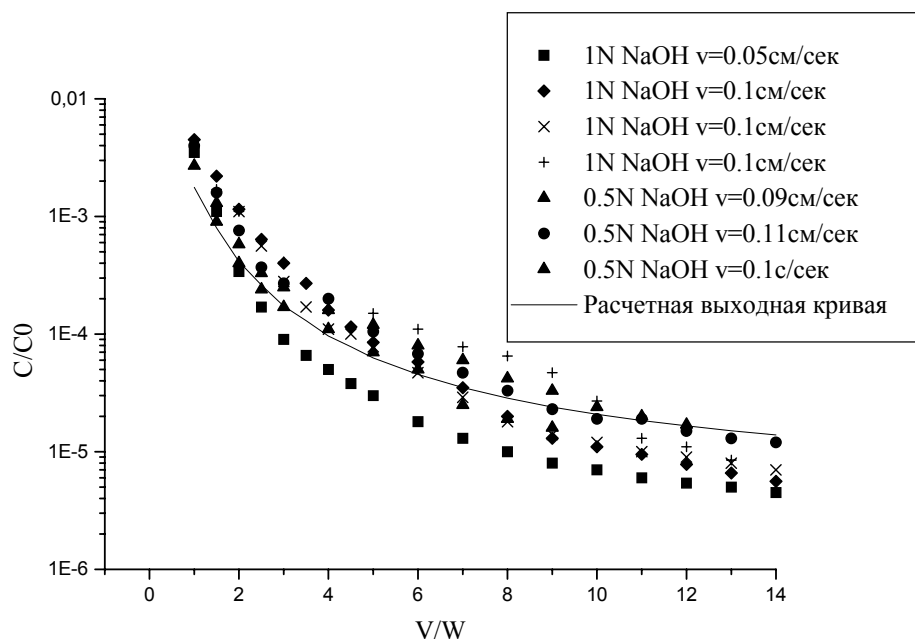


Рис. 3. Экспериментальные выходные кривые отмывки анионита АВ-17 от 1 N и 0.5 N NaOH. Размер колонны: длина 25 см, сечение  $25,25\text{ см}^2$

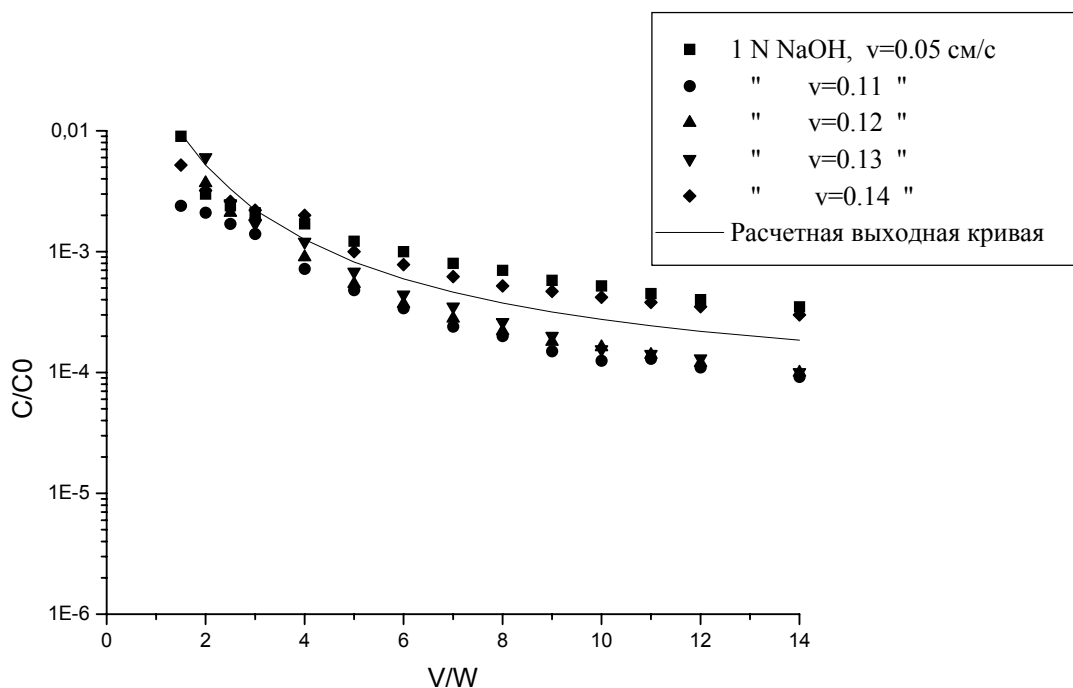


Рис. 4. Экспериментальные выходные кривые отмывки анионита АВ-17 от 1 N NaOH. Размер колонны: длина 15 см, сечение  $1,56\text{ см}^2$

### Обсуждение результатов

Для каждой из экспериментальных выходных кривых решением обратных задач по формуле, описывающей процесс идеального перемешивания с переменной порозностью, были рассчитаны значения коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$  в зависимости от объема отмывочной воды, а на основе формул (1) и (2) методом наименьших

квадратов значения параметров А, В, С, D. Полученные данные приведены в табл. 1-2.

Таблица 1. Зависимость коэффициентов А, В, С, D от концентрации регенерационного раствора. Размер колонны: длина 50 см, сечение 25,25 см<sup>2</sup>

Концентрация регенерационного раствора, N	Значения коэффициентов			
	A	B	C	D
0.855	0.083	0.028	0.34	0.30
0.955	0.050	0.028	0.46	0.86
Среднее:	0.066	0.028	0.40	0.58
0.27	0.056	0.031	0.50	1.70
0.28	0.069	0.026	0.50	1.70
Среднее:	0.063	0.028	0.50	1.70
Среднее для 4 концентраций:	0.064	0.028	0.45	1.14
0.0235	0.042	0.038	0.41	0.42
0.0240	0.043	0.037	0.38	0.32
Среднее:	0.042	0.0375	0.40	0.37
0.00162	0.034	0.050	0.42	0.12
0.000207	0.030	0.083	0.45	0.32
0.000203	0.007	0.096	0.40	0.04
0.000197	0.037	0.063	0.50	0.53
Среднее:	0.025	0.080	0.45	0.29

Таблица 2. Зависимость коэффициентов А, В, С, D от размера колонны

Размер колонны, см x см <sup>2</sup>	Концентрация регенерирующего раствора, N	Количество опытов	Значения коэффициентов			
			A	B	C	D
15 x 1.56	1	Среднее из 5	0.12	0.051	0.30	0.40
25 x 25.25	1	4	0.10	0.030	0.40	1.38
	0.5	3	0.075	0.034	0.40	0.89
		Среднее	0.088	0.032	0.40	1.13
50 x 25.25	1	2	0.066	0.028	0.40	0.58
	0.3	2	0.063	0.028	0.50	1.70
		Среднее	0.064	0.028	0.45	1.14

Параметры А, В, С, D, характеризующие отмывку колонны от растворов щелочи разной концентрации, близки по величине для концентраций больше 0,3 N и значительно отличаются от аналогичных параметров для разбавленных растворов (табл.1), что позволяет рассчитывать глубокую отмывку от концентрированных растворов щелочи (больше 0.3N), исходя из одинаковых значений коэффициентов.

Близки между собой также величины параметров А, В, С, D для колонн длиной 25см и 50см, и заметно отличаются от аналогичных величин для колонны длиной 15см (табл.2). Это согласуется с теоретическими представлениями о существовании участка, на котором происходит формирование устойчивого фронта, характеризующегося постоянным значением коэффициента продольной дисперсии, описывающий первый этап отмывки [4].

Полученные значения  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  - параметров уравнений (2), приведенные в табл.1-2, введены нами в банк данных коэффициентов, характеризующих процесс отмывки ионообменных колонн. Используя эти коэффициенты, можно рассчитывать выходные кривые глубокой отмывки анионита АВ-17 от щелочи.

На рис. 2-4 приведены в сравнении с экспериментальными выходные кривые глубокой отмывки анионита АВ-17 от щелочи, рассчитанные по коэффициентам, приведенным в таблицах 1-2.

На рис.5 показаны для сравнения между собой расчетные выходные кривые глубокой отмывки от щелочи ионообменных колонн разного размера. Видно, что по мере увеличения размера колонны выходные кривые отмывки сближаются.

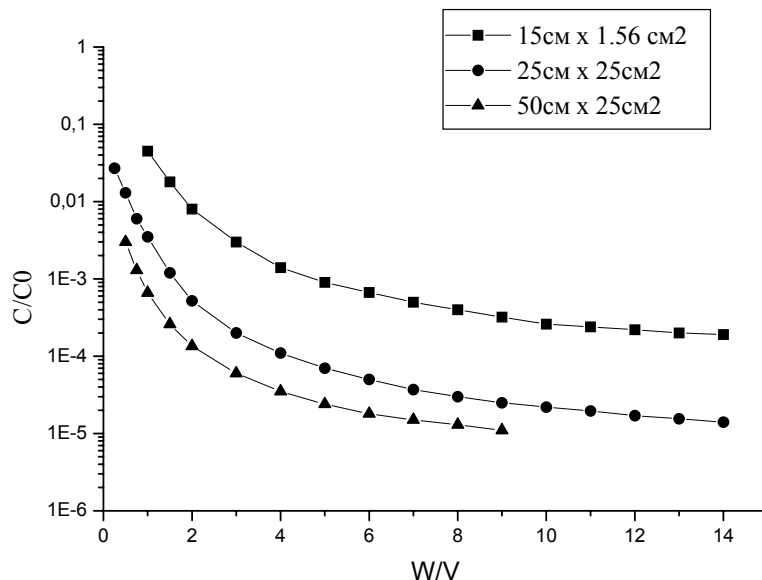


Рис. 5. Расчетные выходные кривые отмывки анионита АВ-17 на колоннах разного размера

Таким образом, результаты проведенного исследования подтверждают, с одной стороны, положение о том, что глубокая отмывка от концентрированных растворов количественно характеризуется иными значениями коэффициентами, чем отмывка от разбавленных, и, с другой стороны, процесс отмывки характеризуется устойчивостью, начиная с определенной длины колонны, что находит свое выражение в постоянстве коэффициентов уравнений, применяемых для описания процесса.

### Список литературы

1. Галкина Н.К., Комарова И.В., Анфилов Б.Г., Шептовецкая К.И. Математическая модель глубокой отмывки ионообменного фильтра // Сорбционные и хроматографические процессы. 2004. Т.4. Вып.5. С.644-652
2. Аргин М.А., Комарова И.В., Сенявин М.М., Штраль И.Я., Семенов М.А. Автоматизированная система исследования ионообменных процессов // Химия и технология воды.1990. Т.12. №4. С.378-381
3. Аргин М.А., Комарова И.В., Кострыкин А.И. Автоматизация кондуктометрических измерений в потоке раствора с широким интервалом быстроменяющейся концентрации // Химия и технология воды.1990. Т.12. №3. С.282-284

4. Воскресенский Н.М., Сафонов М.С., Ширяев В.К. Влияние входного участка в измерениях коэффициента продольной дисперсии в плотном зернистом слое // Теор. основы хим. технол. 1975. Т.9. №5. С. 684-689

**Галкина Надежда Константиновна** - к.х.н., стар. научный сотрудник лаборатории сорбционных методов Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН, Москва

**Комарова Ирина Владимировна** - к.х.н., старший научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН, Москва

**Шептовецкая Клавдия Ивановна** - научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН, Москва

**Galkina Nadezda K.** - PhD, senior researcher in Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Science, Moscow

**Komarova Irina V.** - senior researcher in Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Science, Moscow

**Sheptoveckaya Klavdia I.** - researcher in Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Science, Moscow

УДК: 541.1+628.16

## Определение коэффициентов глубокой отмывки ионитов разной природы для пополнения банка данных и расчета процесса

Комарова И.В., Галкина Н.К., Шептовецкая К.И.

*Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, Москва*

Поступила в редакцию 8.09.2010г.

### Аннотация

На основании экспериментального изучения гидродинамики процесса регенерации КУ-2 концентрированной соляной кислотой и хлоридом натрия и глубокой отмывки его от растворов реагентов определены коэффициенты математических моделей, описывающих все стадии процесса. Полученные коэффициенты включены в банк данных, используемый для расчета процесса умягчения и обессоливания воды в промышленных фильтрах.

**Ключевые слова:** Отмывка, глубокая отмывка, заполнение колонны реагентом, катионит КУ-2, соляная кислота, хлорид натрия, размеры колонны, коэффициенты математической модели, продольная диффузия, порозность

The processes of deep washing of cation-exchanger KU-2 from concentrated hydrochloric acid and sodium chloride solutions are experimentally studied. Coefficients of mathematical model for all stages were determined. Coefficients of model are introduced into the existing data base and can be used for computation of deep washing processes on cation-exchanging industrial filters.

**Keywords:** washing, deep washing, cation-exchanger, concentration solution, hydrochloric acid, sodium chloride, coefficients of mathematical model, data base

### Введение

Изучение гидродинамики процесса регенерации и отмывки, проведенное нами ранее [1,2], показало, что процесс состоит из трех этапов: первый этап -