

Система отопления для теплового насоса. Теплый пол и тепловой насос — это наиболее эффективное сочетание. Энергия не только «производится» экономно, но и экономно используется! Водяной теплый пол — низкотемпературная система отопления (температура теплоносителя 30-45°C). Отношение затраченной электроэнергии к выработанной тепловой энергии тепловым насосом («КПД теплового насоса») во многом зависит от системы отопления, для которой поставляет тепло тепловой насос: чем меньше расчетная температура теплоносителя, тем больше эффективность теплового насоса. Тепловой насос вырабатывает тепло не только в отопительный период, тепло для системы горячего водоснабжения вырабатывается круглый год. Для среднего индивидуального дома затраты на приготовление горячей воды составляют около 15-20%.

Выбор теплового насоса. После того, как установлены: источник тепла (расчетная температура), тепловая потребность и максимальная рабочая температура, то на основании данных о производительности может быть выбран соответствующий тип теплового насоса. Тепловые насосы надежны, автоматика не нуждается в специальном обслуживании, а управление несложно. Размеры обычного насоса не превышают размеров бытового холодильника.

К недостаткам тепловых насосов, используемых для отопления, следует отнести большую стоимость установленного оборудования. Для установки теплового насоса необходимы высокие первоначальные затраты: стоимость насоса и монтажа системы составляет \$300-1200 на 1 кВт необходимой мощности отопления. Время окупаемости тепловых насосов составляет 4-9 лет, при сроке службы по 15-20 лет до капитального ремонта.

Андреюк С.В.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕНИЯ НИТРАТОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РАЗЛИЧНОГО АНИОННОГО СОСТАВА

Брестский государственный технический университет, кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, ст. преподаватель кафедры ВВиОВР.

Введение.

Анионный состав исходной воды является одним из основных факторов, оказывающих влияние на эффективность ионообменной очистки. Наряду с зависимостью от исходной концентрации нитратов в воде, особенностью организации метода ионного обмена для удаления из подземных вод нитратов является изменение состава исходной воды по ионным компонентам: сульфатам, хлоридам, гидрокарбонатам [1].

Целью выполненных экспериментальных исследований стало изучение влияния анионного состава подземных вод и концентрации удаляемых ионов на эффект удаления нитратов методом ионного обмена с использованием метода оптимального планирования многофакторного эксперимента.

Многофакторный эксперимент широко используется в современной научной деятельности и является эффективным средством обработки и планирования экспериментальных исследований [2]. Планированием многофакторного

эксперимента называется процедура выбора числа опытов и условий их проведения, необходимых для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

Математические модели, полученные с помощью методов планирования экспериментов принято называть экспериментально-статистическими [2,3]. При использовании статистических методов планирования эксперимента математическое описание представляется в виде полинома: $Y=f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$, где Y – функция отклика (величина, качественно характеризующая протекание процесса), а X_1, X_2, X_3 – влияющие факторы (аргументы) исследуемого процесса. При этом ценность математического описания заключается в том, что оно дает информацию: о закономерностях влияния отдельных факторов на функцию отклика; позволяет количественно определить значение функции отклика при заданных значениях факторов; может служить основой для оптимизации процесса [4].

Исследование влияния анионного состава воды на эффект удаления нитратов.

Для получения зависимостей остаточной концентрации нитратов от анионного состава исходной воды (содержания хлоридов, гидрокарбонатов, сульфатов) был применен метод треугольных диаграмм с построением графика Ферре [5]. Исследования процесса очистки воды от нитратов методом ионного обмена проводились на кафедре водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» и были выполнены на экспериментальной установке, представляющей собой модель ионообменного фильтра – фильтрационную колонку, загруженную ионообменной смолой, при следующих условиях ведения процесса:

- марка анионита – «Purolite NRW-600(OH)»;
- скорость фильтрации – $V = 14$ м/ч;
- величина отношения высоты загрузки колонки к ее диаметру – $H/d = 5,6$;
- температура воды – $t = 19^\circ\text{C}$.

В качестве модельной воды использовали водопроводную воду с добавкой нитратов в количестве 50 мг/дм³, что соответствует концентрации, в 1,1 раза превышающей предельно допустимую (45 мг/дм³).

Минеральный состав исходных растворов был ограничен содержанием анионов Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} и NO_3^- в концентрациях: хлоридов Cl^- – до 174 мг/дм³, гидрокарбонатов HCO_3^- – до 300 мг/дм³, сульфатов SO_4^{2-} – до 226 мг/дм³, нитратов NO_3^- – до 45 мг/дм³ (общая минерализация составила – до 10 мг-экв/дм³).

Процесс нахождения математической модели включал в себя: планирование эксперимента, проведение эксперимента на объекте исследований; проверка воспроизводимости эксперимента (с помощью критерия Кохрена $G=0,407$ при табличном значении $0,616$); получение математической модели объекта с проверкой статистической значимости выборочных коэффициентов регрессии (с учетом значения критерия Стьюдента $t=2,57$); проверка адекватности математического описания (по критерию Фишера при 5%-ном уровне значимости $F=4,86$ при табличном значении $5,05$).

Результаты эксперимента были обработаны на ЭВМ, на основании чего составлено уравнение регрессии $Y=f(X_1, X_2, X_3)$ в виде многочлена второй степени от трех переменных (в кодированных переменных):

$$Y = 0,32 + 0,97(X_1) + 1,14(X_2) + 1,54(X_3) + 0,53(X_1^2) + 0,66(X_2^2) + 0,78(X_3^2) \quad (1)$$

где X_1, X_2, X_3 – кодированные переменные, связанные с физическими (x_1, x_2, x_3) следующими соотношениями:

$$X_1 = 0,006 \cdot x_1; X_2 = 0,004 \cdot x_2; X_3 = 0,006 \cdot x_3, \quad (2)$$

где x_1 – концентрация хлоридов, мг/дм³;

x_2 – концентрация гидрокарбонатов, мг/дм³; x_3 – концентрация сульфатов, мг/дм³.

Полученная экспериментально-статистическая модель (1) позволяет представить поверхность отклика на факторной плоскости линиями зависимости остаточной концентрации нитратов, от концентрации в исходной воде хлоридов Cl^- , гидрокарбонатов HCO_3^- , сульфатов SO_4^{2-} .

Согласно графику влияния концентрации сульфатов на процесс удаления нитратов при различной исходной концентрации гидрокарбонатов изменение остаточной концентрации нитратов зафиксировано в пределах 9,34%. При различном исходном содержании хлоридов и гидрокарбонатов изменение остаточной концентрации нитрат-ионов зафиксировано соответственно в пределах 7,7 и 8,36%.

Полученное математическое описание, во-первых, дает информацию о влиянии факторов, во-вторых, позволяет количественно определить значения функции отклика (остаточной концентрации нитратов) при любом заданном режиме ведения процесса очистки воды.

Заключение.

Согласно результатам экспериментальных исследований, наибольшую конкуренцию по отношению к нитрат-ионам в ионообменном процессе составляют сульфат-ионы, однако их концентрация на выходе не снижается до нуля; в процессе очистки с сульфат-ионами конкурируют гидрокарбонат-ионы.

Ионы подземных вод, поглощаемые анионитом, располагаются в порядке сродства следующим образом: $\text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$.

В целом изменение анионного состава воды в процессе удаления нитратов ионным обменом не ухудшает её природных свойств и соответствует качеству и физиологической полноценности питьевой воды.

Список использованных источников:

1. Андреев, С. В. Исследование методов физико-химической очистки природных вод от нитратов / С. В. Андреев // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Брест, 6–8 апреля 2016 г.: в 2-х ч. / УО «Брестский гос. технический ун-т.»; под ред. А.А. Волчек [и др.]. – Брест, 2016. – Ч. II. – С. 159–163.
2. Дегтярев, Д. А. Пошаговая методика проведения многофакторного эксперимента. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://manyfactors.ru>. – Дата доступа: 07.01.2019.
3. Мухачёв, В. А. Планирование и обработка результатов эксперимента: учеб.-метод. пособие / В. А. Мухачев. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 118 с.
4. Житенев, Б. Н. Планирование многофакторного эксперимента на примере ионообменной очистки воды от нитратов / Б. Н. Житенев, С. В. Андреев // Вестник БрГТУ. – 2019. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 38–43.
5. Метод треугольных координат (график Ферре). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lektsii.com/1-88954.html>. – Дата доступа: 19.01.2015.