

**Бирзуль Алексей Николаевич**

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения»

г. Хабаровск, Хабаровский край

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ»

*Аннотация:* в статье предложено несколько классификаций демонстрационных опытов по специальному курсу «Теоретические основы очистки воды», названы некоторые их функции, приведены рекомендации по наглядной демонстрации методов очистки воды на лекциях и практических занятиях у студентов профиля «Водоснабжение и водоотведение».

*Ключевые слова:* водоснабжение, очистка воды, химия воды, лекционные демонстрации, активация воды.

Теоретические основы очистки воды (ТООВ) – это специальная дисциплина, которая изучается студентами профиля «Водоснабжение и водоотведение» в течение 5 и 6 семестров. В ДВГУПС этот курс читается с 1985 года, основным инициатором его введения в учебную программу был профессор Г.И. Воловник [2, с. 3]. Некоторое время указанная дисциплина носила название «Прикладная химия», что не в полной мере отражало круг рассматриваемых вопросов, и этому курсу вернули прежнее наименование. В настоящее время преподавание ТООВ преследует несколько целей. Во-первых, наряду с «Химией воды», изучение названной выше дисциплины имеет общеобразовательное значение, поскольку вводит студентов в понимание широкого круга физико-химических явлений, относящихся к водным растворам. Во-вторых, ТООВ является научной базой современных водоочистных технологий. Поэтому глубокие и достаточно широкие знания по ТООВ так необходимы инженерным работникам по профилю «Водоснабжение и водоотведение». Наконец, учебные занятия по ТООВ

способствуют повышению экологической культуры обучающихся в технических вузах, носят во многом экозащитный характер.

По данному курсу в ДВГУПС предусмотрены лекции и лабораторные работы. Теоретические сведения, приводимые на лекциях по ТООВ, слишком абстрактны и не дают четкого представления о процессах очистки воды. В этой связи с 2010 года на кафедре «Гидравлика и водоснабжение» ДВГУПС разрабатывается тема лекционных демонстраций по основным разделам курса ТООВ. К работе по этому направлению привлекались студенты разных годов выпуска, благодаря которым собран богатый фотоархив, делающий лекционный курс более живым и наглядным. Присущие фотографиям лаконизм, резкость и яркость красок также способствует запоминанию студентами основных положений ТООВ.

Зачинателем лекционных опытов по ТООВ является доцент Терехова Е.Л., которая, опираясь на материалы своего диссертационного исследования 2004 года, делала для студентов эффектные демонстрации по флокуляции, коагуляции и экстракции. Кроме того, благодаря ее усилиям, учебные группы умело обращались с приборами, стеклянной посудой, реактивами и растворами.

По имеющимся данным, в литературе по профилю «Водоснабжение и водоотведение» лекционные демонстрации методов очистки воды не затрагиваются. Чаще всего подобные вопросы подробно рассматриваются в курсе химии. За основу можно взять учебные пособия [3–4], однако описанные в них опыты требуют сложных установок и длительного времени проведения, т.е. изначально не удовлетворяют главным требованиям, предъявляемым к лекционным демонстрациям.

Для удобства дальнейшей работы инженером Е.М. Безруковой предложена следующая условная классификация демонстрационных опытов по ТООВ:

1) *исторические, или фундаментальные опыты.* К ним относятся классические для коллоидной химии эксперименты Т. Грэма, Д. Тиндаля, Ф.Ф. Рейса. Обычно об этих опытах говорится в курсе вузовской химии, поэтому при изучении ТООВ можно ограничиться поверхностным повторением этих демон-

страций. Часто на практических занятиях студенты сами выражают готовность показать эффект Тиндаля с помощью лазерной указки и раствора черного чая (имеющего свойства коллоидных систем);

2) *опыты, поясняющие основные термины водной отрасли.* Например, опыты, которые наглядно объясняют различие понятий «мутность» и «концентрация взвешенных веществ», демонстрируют тесную связь между минерализацией и электропроводимостью воды, показывают зависимость электропроводимости воды от ее температуры, поясняют дипольный характер молекул воды и химический смысл нормативного показателя «перманганатная окисляемость воды»;

3) *опыты, иллюстрирующие процессы очистки.* Они дают студентам представление о таких явлениях, как (аб-) адсорбция, экстракция, электролиз и др. По этому разделу преподавателями кафедры созданы учебные видеоролики. Некоторые из них могут быть продемонстрированы на лекциях для иллюстраций общих положений и законов ТООВ;

4) *опыты, демонстрирующие работу водоочистного оборудования.* Здесь используется портативная лаборатория «Капелька-4» (с моделями гидроциклона и тонкослойного отстойника) и бытовые устройства для очистки воды. В практике преподавания автора были случаи, когда кувшинные фильтры известных торговых марок помогали студентам уяснить закономерности динамической сорбции. В частности, детальный разбор сменного картриджа этих устройств приводит слушателей к пониманию, что динамическая сорбция (в отличие от статической) позволяет более полно использовать емкость сорбента.

По рекомендации Г.И. Воловника, в дальнейшем лекционные демонстрации методов очистки стали подбираться преподавателями ДВГУПС в соответствии классификацией Л.А. Кульского по фазово-дисперсному состоянию примесей воды [2, с. 5]. Напомним, что загрязнения, представленные частицами одной крупности (входящих в одну группу по дисперсности) могут удаляться по одинаковым технологическим схемам. Знание дисперсности водных загрязнений позволяет инженеру предварительно наметить технологию очистки во-

ды, а значит, и подобрать наиболее эффективную лекционную демонстрацию. В таблице 1 дана подборка опытов в трактовке Г.И. Воловника, они успешно проверены в условиях аудиторий ДВГУПС. Важно отметить, что по каждой группе любой лектор может предложить свои варианты демонстраций, в зависимости от оснащения конкретной кафедры.

Таблица 1

*Примеры демонстрационных опытов по классификации Л.А. Кульского*

Номер группы дисперсности, название водных примесей	Необходимое оборудование	Краткое описание опыта	Результат
I, грубодисперсные	Бумажный фильтр «розовая лента» с воронкой, проба снеговой воды, электронные весы	Отфильтровать в колбу 100 мл снеговой воды, определить концентрацию взвешенных веществ гравиметрическим методом	Отделение взвешенных веществ от растворенных в снеговой воде с помощью бумажного фильтра, закрепление понятия «взвешенные вещества» (как частиц, остающихся на фильтре)
II, коллоидные	Раствор чая известной цветности, раствор оксихлорида алюминия (или другой коагулянт), буферный раствор для подщелачивания	Провести коагуляцию с подщелачиванием в мерном цилиндре объемом 500 мл, доза коагулянта 120 мг/л, время отстаивания 30–60 мин	Уменьшение цветности разбавленного раствора чая до санитарных норм, удаление коллоидов в осадок при отстаивании в лабораторных цилиндрах
III, молекулярные	Проба воды с повышенным содержанием сероводорода, аквариумный компрессор, оборудование для фильтрования	Аэрация пробы сероводородной воды в течение 15–20 мин, после этого процесса наблюдается характерное пожелтение раствора	Окисление сероводорода кислородом воздуха, удаление выделившейся кристаллической серы фильтрованием через бумажный фильтр
IV, ионные	Прибор для получения особо чистой воды «Водолей», дистиллированная вода, портативный кондуктометр	Получить с помощью прибора «Водолей» бидистиллированную воду, проверить ее качество по кондуктометру до и после установки	Уменьшение электропроводимости и минерализации дистиллированной воды, указывающее на удаление ионов

Как видно из таблицы 1, демонстрационный эксперимент служит доказательством справедливости классификации Л.А. Кульского, развивает умения и навыки будущих инженеров-технологов, дает им убежденность в правильности своих действий по профессии. Также отметим, что перечисленные опыты использовались автором и на традиционных встречах со школьниками, в период профориентационной работы кафедры.

На данный момент одним из наименее изученных вопросов в курсе ТООВ является физико-химические свойства активированных вод. Напомним, что под активированными чаще всего подразумевают воды с временно измененными свойствами, приобретенными ими в результате различных физических воздействий (магнитных, ультразвуковых и целого ряда других). По общему мнению, центральным моментом в затронутой теме является точная фиксация происходящих в воде изменений [1, с. 137]. Поэтому при изложении этого нового и трудного материала большая роль должна отводиться демонстрационному эксперименту.

Для наглядного восприятия явления активации воды Карповой М.С. были предположены и проверены в учебном процессе следующие демонстрационные опыты: экспресс-анализ физической активации воды по Помазкину; индикация активации воды по кинетике химической реакции; индикация активации воды по ее поверхностному натяжению (ПН). Эти направления были продолжены Часовской О.В. в магистерской работе [1, с. 141]. По мнению автора, перечисленные опыты при умелом их использовании на лекционных занятиях успешно выполняют *следующие функции*:

*Эвристическая.* Она связана с установлением новых фактов (например, по изменению вязкости, оптической плотности, скорости характерной реакции, ПН) и с формированием понятия «активация»;

*Корректирующая.* Эта функция позволяет внести некоторые поправки в базу школьных знаний по химии. В частности, после демонстраций вода уже не будет рассматриваться студентами только в роли пассивного механического растворителя, в котором происходят активные превращения веществ;

*Обобщающая.* Она связана с формированием у студентов на основе эксперимента различного рода обобщений и выводов по активации (например, о высокой реакционной способности активированных вод);

*Методическая.* Данная функция указывает на освоение студентами некоторых методов индикации активации воды. Наиболее наглядным для лекций можно считать метод микроскопирования, предложенный в [4, с. 249] и показывающий по уменьшенной площади кристаллов на предметных стеклах антинакипное действие магнитной воды;

*Практическая.* Она состоит в том, что студенты получают навыки химического анализа активированных вод и основательные познания в области изготовления, сборки нужной аппаратуры и обращения с нею. Часто возникает учебная ситуация, когда традиционное лабораторное оборудование приходится переделывать специально под демонстрацию активационных процессов.

Все указанные функции демонстрационных опытов могут оказаться попросту нереализованными, если не будет правильно организована деятельность преподавателя и студентов при аудиторном эксперименте.

Высказанные в статье предложения позволят коллективам профильных кафедр и отдельным преподавателям критически оценить применяемую методику преподавания курса очистки воды и внести в нее соответствующие изменения. Это будет способствовать улучшению постановки учебного процесса и повышению качества подготовки студентов-водоснабженцев. Также нужно помнить, что некоторые технологии очистки воды так или иначе направлены на снижение глобального загрязнения биосферы ксенобиотиками.

### ***Список литературы***

1. Бирзуль А.Н. Изучение методов индикации активированных вод в курсе химии воды / А.Н. Бирзуль // Педагогика, психология, общество: от теории к практике: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Среда, 2021. – С. 136–142.

2. Воловник Г.И. Теоретические основы очистки воды. Ч. 1 / Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2000. – 168 с.

3. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод / В.И. Калицун, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев. – М.: Стройиздат, 2000. – 263 с.

4. Строкач П.П. Практикум по технологии очистки природных вод / П.П. Строкач, Л.А. Кульский. – Минск: Вышэйш. школа, 1980. – 319 с.