

Бирзуль Алексей Николаевич

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный

университет путей сообщения»

г. Хабаровск, Хабаровский край

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В КУРСЕ ХИМИИ ВОДЫ (ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ Л.В. КОЗАК)

Аннотация: статья приурочена к 80-летию со дня рождения старшего преподавателя кафедры «Гидравлика и водоснабжение» ДВГУПС Любови Васильевны Козак. Л.В. Козак сыграла значительную роль в развитии методики преподавания химии воды в ДВГУПС, была инициатором и ответственным исполнителем по переоснащению кафедральных лабораторий. Цель предлагаемой юбилейной статьи – познакомить с опытом педагогической работы Л.В. Козак и ее коллег в области сорбционной очистки воды. Высказаны рекомендации, описаны технические приемы и даны примеры, которые недостаточно освещены в методической литературе по химии воды.

Ключевые слова: химия воды, сорбционная очистка, история химии, методика преподавания, демонстрационные опыты, научная биография.

2 января 2026 года исполнилось 80 лет со дня рождения Любови Васильевны Козак – старшего преподавателя кафедры «Гидравлика и водоснабжение» ДВГУПС, которая своей многолетней педагогической деятельностью внесла весомый вклад в подготовку кадров по профилю «Водоснабжение и водоотведение» на Дальнем Востоке России.

Л.В. Козак в 1968 году окончила химический факультет Львовского государственного университета, получив квалификацию «Химик, преподаватель химии». В 1968–1970 гг. работала преподавателем в Хабаровском технологическом техникуме. С 1970 г. продолжила преподавательскую деятельность в Ха-БИИЖТ (ныне ДВГУПС): сначала на кафедре «Химия», затем на кафедре «Гидравлика и водоснабжение» [4]. В юбилейном видео 2016 года (автор Шокуро-

ва Е.Е.) доцент Е.В. Сошников вспоминает, что Любовь Васильевна быстро нашла общий язык с коллегами по кафедре гидравлики благодаря своему радушию, доброжелательности и ответственности. В общении с другими преподавателями всегда была внимательна и дружелюбна, помогала многим сотрудникам университета в преодолении научных и жизненных трудностей. В характеристике для профкома ДВГУПС отмечалось следующее: «Принимала активное участие в разработке местных фильтрующих материалов для водопроводных станций Дальневосточного региона и внедрения их в практику». В системе РИНЦ имеется информация о том, что в 1989 году Л.В. Козак в числе соавторов получила авторское свидетельство «Способ удаления меди из растворов», в котором предложен новый катионитовый фильтр на основе клиноптилолита [1]. Напомним, что клиноптилолит – это одна из наиболее часто используемых в водоподготовке модификаций природных цеолитов, которые служат в качестве «молекулярных сит» для избирательной очистки.

Среди многих талантов Любви Васильевны следует выделить ее незаурядные организаторские способности. В 2007–2008 гг. при ее активном участии была проделана огромная работа по переоснащению кафедральных лабораторий «Инженерная экология» и «Технологии очистки природных и сточных вод»: приобретено свыше 50 наименований химико-аналитического оборудования, полностью обновлена лабораторная мебель, закуплены крупными партиями химические реактивы и посуда. Благодаря этим мероприятиям кафедре «Гидравлика и водоснабжение» удалось в короткие сроки значительно улучшить учебный процесс, расширить перечень научно-исследовательских работ, а также разнообразить тематику диссертаций аспирантов и магистрантов.

Важно отметить заслуги Любви Васильевны и в подготовке целого ряда методических разработок по курсам «Гидравлика» и «Химия воды». В 2000–2004 гг. появились хорошо оформленные и наиболее полные сборники лабораторных работ по гидравлике (в двух частях), в 2008 году издан оригинальный задачник по гидродинамике [4]. Несколько методических указаний по гидравлике было подготовлено Л.В. Козак специально для самостоятельной работы

студентов-заочников. В 2013 году методическое пособие «Химия воды и микробиология» (соавтор Е.В. Устинова) получило диплом 2-й степени в номинации «Методика преподавания инженерных дисциплин» на Международной выставке печатных изданий, которая проходила в рамках ежегодного научного форума «Новые идеи нового века» (Хабаровск).

Отдельно заметим, что Л.В. Козак познакомила несколько поколений студентов профиля «Водоснабжение и водоотведение» (ВиВ) с методами количественного анализа воды. Благодаря ее усилиям выпускники ДВГУПС разных годов набора овладели навыками, которые необходимы для успешной работы в химической лаборатории. Так, они научились правильно пользоваться химической посудой, взвешивать на аналитических и теххимических весах, строить цветные шкалы для колориметрических определений и т. д.

Важно отметить, что Любовь Васильевна уделяла большое внимание и другой профильной дисциплине кафедры – экологии. В 2006 году она выполнила кропотливую работу по постановке нового лабораторного практикума по экологии для учебных групп, в которых лекционный курс читала профессор Л.И. Никитина. На рис. 1 как раз показан рабочий момент, связанный с подготовкой к проведению экологического эксперимента.



Рис. 1. Л.В. Козак в лаборатории инженерной экологии
(реконструкция фото выполнена Молодцовой В.В.)

Такие новые опыты всегда требовали от преподавателя больших затрат времени, особой усидчивости и предельной собранности. Как видим из приведенных примеров, лабораторные занятия по экологии и химии воды тщательно и внимательно готовились. При этом Л.В. Козак всегда убедительно объясняла студентам, какое практическое применение имеют те аспекты дисциплины, которые они изучают экспериментально в данный момент.

Более 40 лет Л.В. Козак отдала педагогической деятельности. За эти годы работы не один раз ею прочитан большой лекционный курс «Химия воды» для студентов-«водяников», что позволило придать ему продуманное изложение и интересную форму. Как рассказывали автору статьи выпускники ДВГУПС прошлых лет, чаще всего они вспоминают содержание первой вступительной лекции. Так, заместитель начальника УМУ ДВГУПС Абрамец В.С. поделилась следующими эпизодами: «На лекции о значении и свойствах воды нам дали под запись стихотворение, которое я помню больше 20 лет. Его я использовала для своего участия в конкурсе «Лучший выпускник». А теория индикаторов и строение коллоидной мицеллы легко воспроизводятся в памяти, поскольку рассказ о них на лекции дополнялся специально подготовленными плакатами». Также бывшие студенты ВиВ вспоминают, что в качестве введения в лекционный курс химии воды Л.В. Козак часто использовала фрагменты известного фильма «Великая тайна воды», впервые показанного по телеканалу «Россия» в 2006 году. Интересное совпадение: это же видео рекомендовал к обязательному просмотру профессор МИИТ Н.Н. Крупенио, который попытался критически осмыслить спорные моменты названного фильма в своем учебном пособии по экологическому мониторингу [5].

Как видим из приведенных воспоминаний, Любовь Васильевна часто использовала на своих лекциях наглядные средства обучения, что усиливало воздействие слов преподавателя на студентов, и основные понятия оставались на много лет в долговременной памяти слушателей.

В личных беседах с автором статьи Л.В. Козак говорила, что в курсе химии воды ей особенно нравилась лабораторная работа, связанная с определением

активности угля по йоду. Именно эти эксперименты попытались воспроизвести выпускники ВиВ 2016 года в юбилейном видео, упомянутом ранее.

Следует отметить, что в архивах кафедры «Гидравлика и водоснабжение» имеется ещё несколько видеороликов, посвященных сорбционным методам очистки воды. Некоторые из них кратко описаны в таблице 1.

Таблица 1

Краткие характеристики роликов, снятых студентами ВиВ на тему сорбции

Название	Автор видеоролика и год создания работы	Длительность, мин:сек	Основные выводы из ролика
Построение изотерм статической адсорбции	Тущкая В.С., 2014	01:37	Адсорбция ионов меди (II) углем марки АГ-3 адекватно описывается теорией Ленгмюра
Удаление сероводорода из воды	Клинникова О.В., 2014	05:49	Эффективность удаления сульфидов из воды составила 92% и 77% для углей марок CS 8x30 и БАУ соответственно
Изучение адсорбции в статических и динамических условиях	Кривоногов И.П., 2018	16:26	Сравнение эффектов очистки воды аптечными углями – белым и черным – в отношении ионов меди (97% и 65% соответственно)
Лабораторный опыт с активированным углем	Тимченко Б.В., 2026	01:00	Эффект очистки воды от ионов меди аптечным углем по УЭП составил 39%

История создания роликов, указанных в таблице 1, содержится в статье [3] и здесь не повторяется. Там же [3, с.278] рассказано о видеофильме, посвященном сорбционным методам удаления шестивалентного хрома. Такое разнообразие роликов позволяет организовать самостоятельную работу студентов по подгруппам, до начала изучения темы «Сорбционная очистка». Например, учебная группа ВиВ делится на сторонников сорбции молекулярных загрязнений, приверженцев сорбции ионных поллютантов, фанатов динамической сорбции и апологетов статической сорбции. В качестве домашнего задания каждой из перечисленных команд дается поручение просмотреть 4–5 кафедральных видеороликов и найти в них как можно больше фактов, которые позволят доказать право на существование их мнения. Для составления командной презентации из видеороликов делаются скриншоты, подтверждающие точку зрения каждой подгруппы. Подготовленная презентация защищается всеми участниками в виде

устного доклада на ближайшем практическом занятии по химии воды. Содержание видеороликов из таблицы 1 позволяет разделить учебную группу ВиВ и по иному принципу – по наименованию сорбционного материала, тогда возможно появление команд «Белый уголь», «Кокосовый уголь», «Березовый уголь» и т. д. И тогда каждой подгруппе нужно будет доказать максимальную эффективность своего сорбента на основе цифр, взятых из просмотренных видеоэкспериментов. Также командам предлагают заранее проработать положения, приведенные в таблице 2. Ответы на некоторые контрольные вопросы можно найти в монографии авторского коллектива под руководством А.М. Когановского [2]. Более сложные вопросы можно обсудить с подгруппами на самом занятии в аудиторное время.

Таблица 2

Примеры командных заданий по теме сорбции

Формулировка вопроса для команды	Номер команды и их объект изучения		
	1	2	3
Назовите основные достижения в изучении сорбции таких ученых:	Н.Д. Зелинский	И. Ленгмюр	М.М. Дубинин
Раскрыть суть теории сорбции по вариантам:	Теория Ленгмюра	ТОЗМ	БЭТ
Расшифруйте марку углей и назовите сырье для них:	СКТ, АГ	БАУ, ДАК	КАД, ОУ
Какие ионы лучше всего сорбирует материал (2–3 примера):	опилки	резина	клиноптилолит
Назвать типичные единицы измерения следующих величин:	сорбционная емкость	равновесная концентрация	радиус мезопор
Адресный вопрос:	В чем состоят преимущества динамической сорбции в плане эксплуатации?	Какие сорбенты в СССР называли «полисорбами»?	Почему большую макропористость относят к недостаткам активных углей?

Например, можно выдать командам такие проблемные темы: «Почему клиноптилолит часто не рекомендуют для подготовки питьевых вод?». Другой вопрос возьмем из методических указаний Л.В. Козак: «Что выражает изотерма сорбции?». Возможен и такой нюанс из практики водоснабжения: «Обладает ли выраженными сорбционными свойствами известный на Дальнем Востоке филь-

трующий материал гранодиорит – разработка нашей кафедры? Какими простыми опытами это можно проверить?». Интересен будет и другой вопрос из истории научных работ кафедры «Гидравлика и водоснабжение»: «Один предприниматель предлагал снижать избыточную цветность воды в фонтанах на центральной площади Хабаровска с помощью цеолитовых фильтров. Как экспериментально доказать ошибочность такого подхода?». Интересно будет обсудить со студентами ВиВ некогда популярные комбинированные сорбционные фильтры, загруженные смесями нескольких сорбентов одновременно: плюсы и минусы такого технологического решения.

Как показывает опыт преподавания Л.В. Козак, подобные контрольные вопросы дают студентам лучше понять учебный материал, в некотором смысле снимают у них хемофобию. Они узнают о существенном вкладе кафедральной науки в работу очистных сооружений на Дальнем Востоке, что способствует воспитанию у «водяников» чувства гордости за выбранное место учебы.

Для преодоления боязни химии (и химии воды в частности) студенческим командам можно предложить выполнить несложные демонстрационные опыты на тему сорбционной очистки. Примеры таких учебных демонстраций приведены на рис. 2. Как видим, очищенные растворы либо становятся бесцветными, либо оказываются слабо окрашенными. Важно, что в таких опытах есть осязаемое воздействие на зрительное восприятие слушателей.

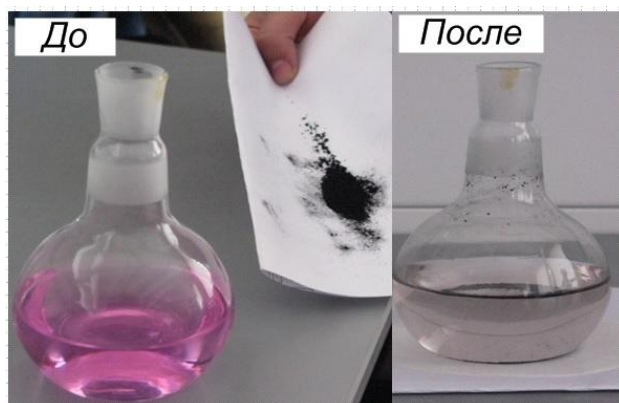


Рис. 2. Демонстрационные опыты по теме сорбции в исполнении студентов

Здесь отметим следующие моменты. Во-первых, в целях безопасности нужно стараться использовать безвредные пищевые красители. Во-вторых,

можно показать и статическую сорбцию (уголь находится вместе с обрабатываемой водой в колбе), и динамическую сорбцию (очищаемый раствор перемещается относительно неподвижного сорбента в фильтрующей насадке, надетой на бутылку). В-третьих, опыт должен быть показан спокойно и без суеты, возможно, после предварительной репетиции. Наконец, нужно примерно оценить время, необходимое для проведения подобной демонстрации на лекции, чтобы успеть рассказать основной материал. При желании и возможностях профильной кафедры можно показать продолжение показанных опытов: с помощью ацетона продемонстрировать десорбцию красителей.

Если позволяет бюджет времени практического занятия, то можно предложить студенческим командам заполнить таблицу 3, примерная форма которой приведена далее. Победителем будет считаться коллектив, который наиболее подробно и без помощи нейросетей выполнит предложенное задание.

Таблица 3

Сравнительный анализ теорий сорбции (пример формы)

Название теории, год создания	Достоинства	Недостатки	Область применения
БЭТ, 1938			
ТОЗМ, 1938			
Теория Ленгмюра, 1915			

Если в отношении практических работ по сорбционной очистке внесена некоторая ясность, то на что следует обратить внимание на самой лекции по названной теме?

Как показывает опыт аналитического чтения учебников и учебных пособий по химии воды, данный вопрос освещен очень скудно и фрагментарно. Хотя все авторы химической литературы прекрасно понимают важность изучения сорбционных процессов. Так, в монографии [2, с.6] сказано: «Пренебрежение же основами теории адсорбции растворенных веществ (...) – наиболее распространенная причина неудачных попыток решения экологических задач при помощи адсорбционных процессов». Эту цитату можно использовать в качестве эпиграфа к лекции о сорбционной очистке воды. Также следует предложить студентам заполнять таблицу 4 по мере самостоятельного изучения темы.

Таблица 4

Практическое применение сорбционных процессов (пример заполнения)

Область или место применения	Возможные примеры от студентов
Медицина	Адсорбционная терапия для поглощения вредных веществ, гемосорбция на углях
Аэротенки и биофильтры	Адсорбция загрязнителей активным илом и биопленкой
Очистные сооружения водопровода	Дезодорация питьевой воды углевaniem
Здание решеток, песколовки	Очистка вентиляционных выбросов для борьбы с запахом городских сточных вод
Аналитическая химия	Использование в хроматографии
Пищевая промышленность	Рафинация растительных масел
Тара и упаковка	Сорбенты как влагопоглотители

Заметим, что в таблице 4 дан лишь образец, по которому рекомендуется вести дальнейшую работу вместе с обучающимися. Предполагается, что новые примеры практического применения сорбции приведут сами студенты, изучающие курс химии воды. Желательно, чтобы предложения от слушателей лекции по содержанию таблицы 4 не ограничивались только профессиональной сферой ВиВ. Это позволит внести разрядку в занятие и привлечет внимание аудитории.

Следующим шагом в подготовке лекции по сорбции должна стать проработка нескольких источников по схеме, предложенной в таблице 5. Из нее видно, что названной теме в учебниках и пособиях уделяется критически мало внимания: обычно менее 1% от общего текста посвящено вопросам сорбции. Поэтому нужно обращаться к таким специализированным изданиям, как известная работа А.М. Когановского с соавторами [2]. Тем не менее, анализ основных учебников по форме таблицы 5 позволит создать в голове у лектора некоторую «канву», которой можно придерживаться в курсе лекций и выборе сведений из теории (не только по теме сорбции, но и по другим разделам). Например, материал в работе [7] хорошо отобран и содержит в сжатом виде основное и важное для будущих специалистов, у которых ведутся занятия по химии воды. Важно обращать внимание на простые и доходчивые объяснения, которые иногда приводятся в специальной литературе.

Таблица 5

Степень раскрытия темы сорбции в методических разработках разных лет

Название разработки, авторы, год издания	Количество страниц		Особенности изложения материала
	общее	о сорбции	
Химия и микробиология воды, Л. Б. Доливо-Добровольский и др., 1971	306	3	Изложена только теория Ленгмюра, не названы факторы, влияющие на сорбционные процессы. Показано различие ионного обмена и адсорбции, раскрыта роль адсорбции в дезактивации радиоактивных вод
Химия воды, Л.В.Козак, Ю.М. Акимова, 2006	30	4	В описании теории использованы работы Н.Ф. Возной, объяснен принцип построения изотерм сорбции
Водоподготовка и химия воды, Е. Ю. Шачнева, 2014	113	1	Перечислены сорбенты и назван диапазон эффекта очистки воды сорбцией 80–95%

Как видно из таблицы 5, желательно не ограничиваться одним источником литературы. Преподавателю нужно изучить несколько учебников и излагать новую тему, опираясь на имеющуюся обобщенную информацию из методических разработок и свой личный опыт.

По мнению автора статьи, в подготовке лекции по теме сорбции сложно дать универсальные рецепты, касающиеся содержания занятия. Многое зависит от профиля выпускающей кафедры ВиВ. Важно не пересказывать заученную информацию студентам, а все-таки преподнести лекцию как некий творческий процесс, который и позволит построить в дальнейшем свою систему изложения не самой простой темы сорбции.

Как увлечь слушателей на первой вступительной лекции по химии воды и на занятиях по сорбции? Какие учебные плакаты помогают студентам на лекции получить более прочные знания? Как правильно использовать обучающие видеоролики по теме сорбции? Какие демонстрационные опыты по сорбционным процессам можно показать? Какие вопросы можно задать студентам для закрепления изученного материала? В данной статье можно найти ответы на заданные вопросы, при этом основная часть рекомендаций взята из опыта преподавания старшего преподавателя ДВГУПС Л.В. Козак.

В заключении юбилейной статьи хотелось бы привести слова известного математика М.В. Остроградского из его избранных работ по методике преподавания [6]: «Мы без колебаний заявляем, что изучение биографий людей, принесших пользу наукам и искусству, является одним из средств, которые мы ис-

пользуем, чтобы привлечь внимание учеников. Это в одно и то же время отличная разрядка и средство с помощью живого рассказа запечатлеть то или иное основное положение, либо удачное приложение теоретических принципов».

Список литературы

1. Способ удаления меди из растворов: авт. свидетельство №1636344 А1 СССР, МПК C02F 1/42, C02F 101/10, C02F 103/00 / Г.И. Воловник, С.Н. Фомин, Л.В. Козак; заявитель ХабИИЖТ. – №4691538; заявл. 12.05.1989; опубл. 23.03.1991. – EDN OWMAMO.
2. Адсорбция органических веществ из воды / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, И.Г. Рода. – Л.: Химия, Ленингр. отд-ние, 1990. – 256 с.
3. Бирзуль А.Н. Основные направления работы научного кружка «Водонаука» в ДВГУПС / А.Н. Бирзуль, Т.Г. Сорокина, Д.А. Питиляк // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – 2022. – Т. 1. – С. 274–286. – EDN YCNEUG.
4. Кафедра «Гидравлика и водоснабжение»: этапы становления и развития / М-во трансп. Российской Федерации, Федеральное агентство ж.-д. трансп., ГОУ ВПО «Дальневосточный гос. ун-т путей сообщ.»; сост. М.А. Ковальчук; под ред. Л.Д. Терехова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – EDN QNOSKN.
5. Крупенио Н.Н. Экологический мониторинг: учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. трансп. / Н.Н. Крупенио. – М.: Маршрут, 2005. – 129 с. EDN QKOGTJ
6. Михаил Васильевич Остроградский: педагогическое наследие: Документы о жизни и деятельности / под ред. И.Б. Погребысского и А.П. Юшкевича. – М.: Физматгиз, 1961. – 399 с.
7. Шачнева Е.Ю. Водоподготовка и химия воды: учеб. пособие / Е.Ю. Шачнева. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2014. – 113 с. – ISBN 978-3-659-57035-3. – EDN UDTDMH.