

Организация учебно-исследовательского эксперимента по химии в лечебно-профилактических и общеобразовательных учреждениях на радиационно-загрязненных территориях

Н. А. Степанова, старший преподаватель;

Д. С. Орехова, старший преподаватель;

*А. А. Чиркин, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой
Витебский госуниверситет им. П. М. Машерова, кафедра химии*

Усугубление экологической ситуации в Беларуси после Чернобыльской катастрофы привело к резкому ухудшению здоровья детского населения. Так, например, в 2000 г. среди детей в возрасте 5 лет первичная заболеваемость составила 209 421,8 на 100 000 детей, т.е. на каждого ребенка приходилось 2 заболевания [1]. На оздоровление детей направлена реформа образования, предусматривающая снижение учебной нагрузки, применение здоровьесберегающих технологий обучения. Особенности психофизического состояния школьников на радиационно-загрязненных территориях еще в большей степени обуславливают руководство принципами лечебной педагогики, исключающей стрессовое воздействие на учащихся. Параллельно должна решаться проблема образования детей, находящихся в условиях медико-педагогической реабилитации. В Республике Беларусь действует стройная система оздоровления детей, подвергшихся действию неблагоприятных радиационно-экологических факторов (на территории государства и за его пределами).

Пребывание детей в медико-профилактических и санаторно-курортных учреждениях продолжительное время требует умелого и дидактически обоснованного освоения учебных программ по химии. Школьный предмет химии содержит в себе огромный антропологический потенциал. Он позволяет показать учащимся роль химических знаний в способности человека противостоять болезням, опираясь на адаптационные возможности своего организма. Для этого содержание предмета химии должно быть конкретизировано учебным материалом о биогенных химических элементах и их соединениях, биохимической адаптации организма к действию факторов внешней и внутренней среды, метаболизме и биохимических аспектах экологии человека, связанными с постоянным взаимодействием со средой обитания. Обучение химии, наряду с изучением теоретического материала, требует применения демонстрационного химического эксперимента (ХЭ), а также выполнения ряда лабораторных и практических работ. Снижение учебной нагрузки приводит к их сокращению. Химический эксперимент кроме образовательной функции несет и мобилизационно-релаксационную, так как, выполняя различные опыты, дети отвлекаются от своих проблем со здоровьем, испытывают положительные эмоции, наблюдая красивые и неожиданные превращения веществ.

Большое значение в визуализации биохимических процессов имеет химический эксперимент *in vitro*. Однако в лечебно-профилактических и санаторно-курортных учреждениях невозможно проводить химический экс-

перимент с использованием обычных жидких реагентов (нет условий для соблюдения жестких правил техники безопасности). В такой ситуации актуальным становится поиск новых техник демонстрационного и учени-

ческого ХЭ. В последние годы создаются простые в использовании тест-средства химического анализа в виде трубочек, таблеток, полосок и пр. Подобные тест-методики широко применяются в медицинских целях для обследования людей вне лаборатории, например, на рабочих местах, в экспедиционных условиях. В Республике Беларусь получили широкое распространение средства сухой химии (ССХ) фирмы «Roche» (система РОСТ — point of care testing). Тест-полоски, используемые в РОСТ, имеют многослойное строение. Исследуемая жидкость, проникая через реакционные слои, активизирует химические реакции, продукты которых изменяют окраску зоны регистрации. В ССХ специфичность определения достигается применением иммобилизованных ферментов с абсолютной специфичностью. Фактически, это модель химических процессов, происходящих в клетках с учетом процессов диффузии, распределения, ферментативного катализа и регистрации. Весь аналитический процесс занимает не более 3 мин, и при наличии анализатора «Рефлотрон» может иметь количественную характеристику. Работа с тест-полосками не требует лабораторных условий и может включать исследовательский компонент: изучение качественного и количественного содержания веществ в жидкостях. Полифункциональные тест-полоски серии «Combur» обеспечивают открытие до 10 веществ, что позволит поставить эксперимент по проблемам здорового образа жизни. На кафедре химии ВГУ создан первый практикум по биохимии, в котором приведены более 10 работ с привлечением ССХ [2]. Как показал наш

опыт, экспресс-методы анализа очень удобны в учебном процессе, однако дорогостоящая технология изготовления средств сухой химии препятствует их использованию.

Нами были разработаны упрощенные экспресс-средства для школьного химического эксперимента. В процессе работы осуществлялся поиск носителей, адсорбентов, способов их закрепления на носителях, адаптировались к тест-системам различные хроматографические техники.

В качестве дешевых и доступных носителей были исследованы полоски, изготовленные из использованных пакетов «Tetra Pak», пластиковых бутылок. Изучены адсорбционные способности фильтровальной и хроматографической бумаги, яичной скорлупы, глины, силикагеля (промышленного и собственного изготовления), апробированы материалы для закрепления адсорбента — силикатный клей и ПВА. Исследованы способы нанесения реагентов и различные элюэнты, изучены аналитические сигналы на чувствительность и устойчивость.

Результаты исследования показали, что более соответствуют нашим целям прозрачные полоски из пластиковых бутылок. Эффективным адсорбентом оказался синтезированный нами силикагель. Приведем модифицированную методику получения активного силикагеля из канцелярского силикатного клея (силиката натрия).

Внимание! *Первый этап синтеза должен быть осуществлен учителем. Это связано с тем, что в процессе гидролиза силиката натрия образуется щелочная среда, что представляет опасность для глаз.*

Методика синтеза активного силикагеля

В фарфоровой чашке смешивают равные объемы силикатного клея и соляной кислоты ($\rho = 1,165$ г/мл). После коагуляции образовавшийся гель оставляют стоять на сутки, затем измельчают и промывают декантацией водой до удаления иона Cl^- (проба нитратом серебра). Промытый силикагель помещают на стекло тонким слоем и сушат при 40–50 °С в течение 5–6 часов, а для активизации прокаливают (на этом же стекле) на песчаной бане при 300–320 °С в течение 1,0–1,5 часа, часто помешивая.

Проверка активности адсорбента

Активность полученного силикагеля проверяют следующим образом. На стекло наносят несколько капель раствора сульфата тетраамминмеди(II) насыщенного синего цвета. В раствор помещают шпатель активного силикагеля, наклоняют стекло, чтобы раствор переместился в другое место, а силикагель остался на месте. Если раствор почти обесцветился — силикагель можно использовать для дальнейшей работы.

Методика изготовления тест-полосок

Силикагель прикрепляют полосками через равные промежутки на полоски разной длины и ширины (в зависимости от целей эксперимента) с помощью клея ПВА. Для этого полоска размечается карандашом, клей наносится кисточкой. Полоска обсыпается с помощью шпателя порошком готового силикагеля над плоским сосудом, не прикрепившийся силикагель ссыпается обратно в сосуд. Нанесенный слой прикатывается стеклянной палочкой и оставляется на просушку. На реагент, адсорбированный на полосках, наносятся по капле растворы различных солей.



Рис. 1. Реактивная полоска для качественного анализа



Рис. 2. Реактивная полоска для разделения смеси

В результате получается цветная шкала аналитических сигналов, ее оформляют в пластиковую папку для бумаг, используют в дальнейшем как стандарт для аналитического определения катионов металлов. Можно приготовить шкалу для полуколичественного метода. Для этого на носитель полосок наносится реагент в порядке увеличения концентрации. В зависимости от целей ХЭ последовательность нанесения реагентов и элюента меняется. Мы использовали в качестве первого водный экстракт листьев краснокочанной капусты, в состав которого входят антоцианы, образующие с катионами металлов окрашенные комплексы. Точно так же можно использовать в качестве реагента растворы солей тяжелых металлов, нанося на них экстракт краснокочанной капусты. Таким образом, используя один реагент — экстракт краснокочанной капусты, можно определить большинство катионов металлов.

Сконструированная система обладает хорошей устойчивостью при хранении, для отдельных катионов — более вы-

сокой чувствительностью по сравнению с мокрым анализом. Реактивные полоски можно пропитать различными реагентами, просушить и хранить по определенной классификации (например, по аналитическим группам) в упаковках из-под шипучих витаминов отечественного производства. Так создается компактная химическая мини-лаборатория для работы сухим аналитическим методом. В простейшем варианте для проведения эксперимента на уроках учащиеся помещают реактивные полоски последовательно в сосуд с 1 мл воды и регистрируют изменение цвета, образование осадка. Аналитический сигнал можно получить и просто при соприкосновении смоченных дистиллированной водой реактивных полосок. Подобная техника удобна и достаточно безопасна как для лабораторных, так и для практических работ по решению экспериментальных задач с использованием качественных реакций неорганических и органических веществ. Ее можно применить и при выполнении домашнего задания с использованием химическо-

го эксперимента, который по причине опасности работы с жидкими реагентами не практикуется.

Школьная лаборатория может быть дополнена разбавленными растворами, но в удобной и безопасной таре. В нашей работе с учащимися мы применяем использованную медицинскую тару — пластмассовые пузырьки с капельницей и закручивающейся крышкой. Реактивы для подобных мини-лабораторий требуются в небольшом количестве, их не нужно специально заказывать, так как они имеются в аптеках, хозяйственных и продовольственных магазинах. Приведем примерный перечень необходимых реактивов (многие вещества имеются в лечебно-профилактических учреждениях или в аптеках): *нашатырный спирт (раствор аммиака), борная кислота, пероксид водорода, аскорбиновая кислота, глицерин, глюкоза, калия бромид, калия иодид, калия перманганат, кальция гипохлорит, кальция хлорид, магния окись, магния сульфат гептагидрат, меди(II) сульфат пентагидрат, натрия бромид, натрия гидрокарбонат, натрия нитрит, натрия иодид, натрия сульфат, натрия тетраборат, спиртовой раствор иода, раствор фенола (карболовая кислота) — есть в препарате «Орасепт», свинца ацетат (свинцовая примочка), цинка оксид, цинка сульфат*. Для исследования подходят витаминные комплексы и БАДы с минералами. Всегда можно использовать продукты: *уксусную кислоту, лимонную кислоту, красно-фиолетовые соки — черники, черноплодной рябины, краснокочанной капусты, минеральную воду, различные напитки, например кока-колу и др.* В качестве биохимических реактивов доступны *аминокислоты, белки куриного яйца, мяса и молока, углеводы, жиры, ферменты*.

Даже этот небольшой перечень реактивов позволяет обеспечить изучение основных аналитических реакций на анионы, некоторые катионы, реакций основных классов неорганических соединений, окислительно-восстановительных реакций, химии био-

генных элементов, разнообразных биохимических реакций. С помощью данной методики можно также решать задачи на разделение смесей веществ и их идентификацию. Например, в школе вполне выполним следующий эксперимент. После предварительного изучения индивидуальных аналитических реакций на приготовленную полоску наносят 1—2 капли смеси солей (Fe^{3+} , Cu^{2+}). Затем опускают ее в систему растворителей: этанол — соляная кислота (концентрированная) — вода (20:5:5). Обнаруживают эти ионы, обрабатывая хроматограмму раствором гексацианоферрата(II) калия из пузырька, в котором находился любой лечебный спрей. На лабораторных занятиях по аналитической химии при подготовке экологов применяются другие реагенты, разрешенные для использования в вузах. Изучая аналитические сигналы, студенты наносят на приготовленную полоску 1—2 капли смеси (Zn^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Cu^{2+}). Затем опускают ее в стакан, на дне которого находится чашка Петри со смесью растворителей: ацетон — соляная кислота (2М) 1:7, закрывают стакан для предотвращения испарения растворителей. Спустя 20—30 минут полоску проявляют с помощью раствора дитизона и регистрируют появление окрашенных зон. Таким образом, визуализируются индивидуальные физико-химические свойства катионов, связанные с избирательной способностью накапливаться в различных органах и тканях.

Демонстрационный эксперимент, основанный на данной технике, служит элементом системы усвоения принципов здорового образа жизни. Так, в разработанном нами химическом эксперименте для образовательных программ по здоровому образу жизни [3] с помощью тест-полосок демонстрируется взаимодействие антоцианов с катионами тяжелых металлов, устанавливается присутствие в напитке кока-кола фосфорной кислоты, выявляется влияние катионов тяжелых металлов на свертываемость белка и др.

При сравнении эффективности предложенной методики с традиционными по коэффициенту качества эксперимента (K_3), описанному В. С. Полосиным и И. В. Коршуновой [4] (который определяется по девяти параметрам: актуальность (А), прикладная направленность (ПН), экологическая грамотность (ЭГ), техническая простота (ТП), наглядность (Н), время, затрачиваемое на подготовку опыта учителем (B_1), время, необходимое для постановки опыта на уроке (B_2), надежность (Над), познавательный интерес (ПИ)), данная методика имеет преимущества.

Описанная работа выполняется студентами как научно-исследовательская, одновременно она внедрена в спецкурсы по химии для школьников при кафедре. Для системной работы предлагаем учителям примерный план организации подобной деятель-

ности в школе. При этом мы обращаем внимание на учебный материал базовой программы, который может быть актуализирован в процессе ученических исследований, а также на углубление знаний учащихся профильных классов (см. табл.). Работа может выполняться на факультативах и кружках в течение года и закончиться конференцией с презентацией выполненных исследований.

Тематика валеологических и экологических исследований с применением тест-систем на тонком закрепленном слое силикагеля может касаться определения химических элементов и веществ в продуктах питания, почве, воздухе, водоемах, в организме человека, анализа лекарственных средств, бытовых химикатов. Полоски можно модифицировать в таблетки, трубочки и другие тест-системы.

Таблица. Примерный план учебно-исследовательской работы школьников по освоению методов экспресс-анализа на основе тест-форм на кремнеземе

№ п/п	Эксперимент	Актуализация учебного материала базовой программы	Углубление знаний (профильный уровень)
1	2	3	4
1	Изучение свойств силиката натрия: а) взаимодействие с углекислым газом; б) взаимодействие с раствором соляной кислоты	Сравнение силы различных кислот. Техника безопасности при обращении с силикатом натрия. Силикаты как добавка в моющие средства	Гидролиз силиката натрия
2	Прокаливание в пробирке после опыта (б) кремниевой кислоты. Изучение адсорбирующих свойств силикагеля	Получение нерастворимых оксидов разложением гидроксидов. Свойства оксида кремния(IV)	Понятие о коллоидных системах
3	Изучение адсорбирующих свойств яичной скорлупы, белой глины, активированного угля, гипса, современного энтеросорбента — полифепана	Свойства оксида алюминия, угля, солей кальция. Использование адсорбентов в быту и с целью оздоровительного эффекта	Теория адсорбции. Адсорбенты
4	Изучение способов закрепления адсорбентов на различных носителях. Демонстрация разделения смеси двух катионов на силикагеле	Физические и химические свойства катионов металлов	Понятие о тонкослойной хроматографии, нанесение пробы. Элюирование. Проявление
5	Получение кремниевой кислоты для изготовления средств сухой химии	Качественные реакции на катионы металлов	Понятие об аналитических группах катионов и анионов
6	Сравнение качественных реакций на катионы и анионы мокрым анализом на стеклянных и фарфоровых пластинках, в донышках	Кислотно-основные реакции. Окислительно-восстановительные реакции	Комплексообразование. Окислительно-восстановительные реакции



20437072

1	2	3	4
	пластиковых бутылок и на фильтровальной бумаге		
7	Изготовление тест-полосок	Приемы хроматографии	Физическая и химическая иммобилизация
8	Изучение способом мокрого анализа экстрактов краснокочанной капусты, черного винограда, красной свеклы в качестве общих реагентов для шкалы аналитических сигналов (ШАС)	Качественная реакция фенола с хлоридом железа(III). Понятие об антоцианах. Значение взаимодействия катионов тяжелых металлов с антоцианами для оздоровительного эффекта	Комплексные соединения металлов с органическими соединениями
9	Изготовление ШАС с использованием водного и водно-спиртового экстрактов краснокочанной капусты (или других экстрактов)	Качественная реакция фенола с хлоридом железа(III). Понятие об антоцианах. Значение взаимодействия катионов тяжелых металлов с антоцианами для оздоровительного эффекта Алгоритмы решения экспериментальных задач	Комплексные соединения металлов с органическими соединениями
10	Оформление ШАС	Решение экспериментальных задач	Типы аналитических задач
11—12	Применение ШАС в учебных целях	Решение экспериментальных задач по разделению смесей	Решение аналитических задач
13—14	Разделение смесей на тонком закрепленном слое силикагеля	Прикладные, экологические и валеологические знания	Решение аналитических задач
15 и т.д.	Использование изготовленных экспресс-средств для экологических, агрохимических, валеологических и др. исследований		Исследования с элементами научно-исследовательской работы

И в заключение еще раз отметим, что создание упрощенных тест-систем является практической основой для постановки учебно-исследовательской работы в школе. *Переход на промышленные учебные тест-системы может коренным образом улучшить подготовку учащихся в области химического эксперимента. Упростится хранение реактивов в кабинетах химии. Применение тест-методик позволит проводить анализ в местах, где находится анализируемый объект. Промышленные тест-системы практически безопасны. Все это поможет учителям более смело и широко включать разнообразные экспериментальные работы в учебно-воспитательный процесс.*

1. Романенко, Н. Э. Здоровые условия для детей // Здоровы лад жыцця. — 2003. — № 4. — С. 65.
2. Чиркин, А. А. Практикум по биохимии: учебное пособие / А. А. Чиркин. — Мн.: Новое знание, 2002. — 512 с.
3. Орехова, Д. С., Степанова, Н. А., Смирнова, Т. В., Чиркин, А. А. Химический эксперимент как средство формирования здорового образа жизни // Хімія: праблемы выкладання. — 2003. — № 4. — С. 61—64; 2003. — № 5. — С. 53—64.
4. Полосин, В. С., Коршунова, И. В. Чтобы не ошибиться при выборе эксперимента // Химия в школе. — 1997. — № 5. — С. 60—62.

Уважаемые читатели!

Со II полугодия 2005 года наш журнал выходит ежемесячно.

Наши индексы:

индивидуальная подписка — 75071,

ведомственная — 750712.