

МЕТОДЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «СУХИХ РЕАГЕНТОВ» ВО ВНЕЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ В ОБУЧЕНИИ ШКОЛЬНИКОВ ХИМИИ

Пустовит Светлана Олеговна,

кандидат педагогических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского» (г. Калуга), кафедра химии

✉ sveta_pus@mail.ru

Тишкина Ирина Викторовна,

магистрант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского» (г. Калуга)

✉ tishkina.i@cheschool.ru

АННОТАЦИЯ

Раскрываются особенности организации познавательной деятельности учащихся, которая создаёт условия для получения обучающимися опыта собственной деятельности, с опорой на методы экспресс-анализа. Показаны возможности индикаторных тест-средств в развитии методологических знаний учащихся методами конкретной научной области знаний — химии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *химический экспресс-анализ; тест-системы; индикаторные тест-средства; химический эксперимент; внелабораторные условия; познавательные умения.*

METHODS OF EXPRESS-ANALYSIS USING "DRY REAGENTS" IN FIELD-CONDITIONS IN TEACHING CHEMISTRY OF SCHOOL STUDENTS

Pustovit S.O.,

Candidate of pedagogical sciences, associate Professor

Federal state budgetary educational institution of higher education "Kaluga state University after named K. E. Tsiolkovsky", Chair of Chemistry

Tishkina I.V.,

student

Federal state budgetary educational institution of higher education "Kaluga state University after named K. E. Tsiolkovsky"

ABSTRACT

The features of the organization of cognitive activity of students, which creates conditions for students to experience their own activities, based on the methods of rapid analysis. The possibilities of indicator test tools in the development of methodological knowledge of students by methods of a specific scientific field of knowledge-chemistry are shown.

KEYWORDS: *chemical Express analysis; test systems; indicator test tools; chemical experiment; extra-laboratory conditions; cognitive skills.*

ВВЕДЕНИЕ

Что может быть мучительнее, чем учиться на собственном опыте? Только одно: не учиться на собственном опыте.

Лоренс Питер

Федеральный государственный образовательный стандарт по химии для средней школы не приводит конкретный перечень знаний и умений. В качестве требований к подготовке он обозначает формирование у обучающихся различных способов и подходов к решению познавательных задач [12]. Опыт такой деятельности учащи-

еся приобретают в процессе применения на практике конкретных предметных умений.

Одной из основ для развития предметных умений — экспериментальных, решать химические задачи, пользоваться химическим языком — является самостоятельная работа учащихся. Её содержание может быть расширено за пределы урока, например, при выполнении различных упражнений, индивидуальных заданий, домашнего эксперимента, проектной и учебно-исследовательской деятельности [1, с. 61]. По сравнению с достаточно формализованным процессом обучения предмету в условиях школьного кабинета проведение внелабораторного анализа предоставляет учителю химии более широкие возможности для организации познавательной деятельности учащихся.

МЕТОДЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ ТЕСТ-СИСТЕМ

В большинстве случаев проведение химического анализа требует от исследователя профессиональной подготовки, характеризуется длительностью и трудоёмкостью. Он предполагает наличие оборудования и приспособлений, соблюдения особых правил техники безопасности при обращении с едкими, вредными, токсичными веществами. Поэтому столетиями такой анализ осуществляли преимущественно в лабораториях [6].

Обнаружение ряда веществ и материалов, необходимость в высокой точности определения продолжают требовать условий работы специально оборудованного помещения. Но, как отмечает один из ведущих специалистов аналитической химии, химик-аналитик, академик РАН, доктор химических наук Ю. А. Золотов, одной из современных тенденций развития аналитической химии является перемещение химического анализа к изучаемому объекту. Поэтому методы экспресс-анализа для внелабораторного анализа должны быть чувствительными к определяемому компоненту, простыми в реализации и иметь невысокую себестоимость [6].

Потребности во внелабораторном исследовании увеличиваются. В настоящее время методы экспресс-анализа применяют при контр-

оле технологических процессов, определении содержания метана в шахтах, в геологических исследованиях, установлении содержания алкоголя в выдыхаемом воздухе и др. Они позволяют проводить химический анализ, который в стационарной лаборатории может не иметь смысла или быть невыполнимым, например, когда требуется определить пригодность питьевой воды или качество продуктов питания в полевых условиях [6].

Наибольшее распространение при обнаружении загрязнителей в объектах окружающей среды получили методы экспресс-анализа на основе тест-средств. Их применяют для оценки качества воды, воздуха, почвы, продуктов питания, что представляет методический интерес для организации познавательной деятельности школьника в качестве возможных объектов изучения. Содержание разнообразных химических веществ и широкий диапазон обнаруживаемых концентраций веществ, практическая значимость исследования и доступность тест-систем позволяют применять их с различными дидактическими целями на уроке и во внелабораторном химическом анализе. Преимуществами тест-средств анализа, позволяющими адаптировать их для учебного процесса, являются: высокая скорость проведения опыта, простота использования; отсутствие необходимости в приборном обеспечении, использовании химической посуды и доставке пробы в лабораторию; изменение окраски тест-средства регистрируется невооружённым глазом, что делает эксперимент эффективным и наглядным.

По принципу действия в отношении освоении школьного курса химии наибольшее значение имеет применение, в первую очередь, химических тест-систем. В основе их действия находятся химические реакции разных типов — окислительно-восстановительные, кислотно-основные, комплексообразования и др. В качестве таких средств химического анализа могут служить индикаторные бумаги, полоски, трубки, таблетки, порошки, растворы. Среди них особый интерес для организации познавательной деятельности учащихся представляют индикаторные тест-средства на твёрдой основе, не требующие нор-

мирования используемых реагентов. Такие средства применяются практически целиком. Поэтому методы экспресс-анализа на основе «сухих реагентов» могут использоваться учащимися 8-11 классов на уроке, на занятии системы дополнительного образования или при выполнении домашнего опыта.

Таким образом, методы экспресс-анализа с использованием индикаторных систем на твёрдой основе наряду с современными высокочувствительными инструментальными методами могут применяться для постоянного контроля состояния объекта. Представляя собой яркий пример возможностей применения науки в жизни человека, они являются современными методами формирования знаний и умений учащихся в обучении школьников химии.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНДИКАТОРНЫХ ТЕСТ-СИСТЕМ С «СУХИМИ РЕАГЕНТАМИ»

Индикаторные тест-системы могут быть изготовлены на основе «сухих реагентов», закреплённых на твёрдом носителе — специальной бумаге, синтетическом полимере, помещены в стеклянную трубку или представлены в форме таблетки. Химический состав индикаторных тест-систем на твёрдой основе позволяет в определённом диапазоне концентраций определять содержание в них отдельных веществ. Ошибка исследования в данном случае велика, и обычно составляет 10-50% [6]. Поэтому такие средства дают возможность обнаружения загрязнителей или других параметров изучаемых объектов только на сигнальном уровне — уровне ПДК (предельно допустимой концентрации). Но получаемые результаты являются достаточными для целей диагностики и оперативного принятия решения.

Индикаторные полоски, также называемые реактивной бумагой, применяются в учебном процессе давно. К ним относится, например, иодкрахмальная бумага, при помощи которой можно контролировать завершённость химической реакции с участием иода или состояние другого процесса. Современные же средства, особенно предназначенные для исследования объектов окружающей среды,

имеют ряд особенностей и преимуществ перед экспресс-методами, применяемыми в лаборатории, где обнаружение вещества проводится в контролируемой системе, часто содержащей относительно небольшое количество известных компонентов. Так, на поверхность полоски наносится смесь, содержащая индикатор, регулятор кислотности среды, маскирующие реагенты и другие компоненты, обеспечивающие возможность и повышающие точность определения того или иного компонента (см. рис. 1). Для дозирования вещества, поступающего в них при выполнении эксперимента, и предупреждения смыывания реагентов производители часто покрывают тест-средства полимерной плёнкой. Постоянно расширяется диапазон обнаруживаемых веществ и их концентраций. Адаптация тест-систем для исследования реальных объектов окружающей среды также приводит к необходимости повышения избирательности методов определения и снижения мешающего действия различных примесей.

При использовании индикаторного порошка изготовитель тест-систем помещает его в прозрачную стеклянную трубку, запаянную с двух сторон для предупреждения преждевременного изменения цвета реагента-индикатора. При пропускании через трубку веществ



Рис. 1. Индикаторные тест-системы экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» [8, 11]

ва или смеси, например, воздуха изменяется окраска индикаторного порошка на определённой её длине. Регистрация результатов определения веществ при помощи индикаторных тест-систем на твёрдой основе осуществляется визуально путём сравнения со стандартной шкалой (см. рис. 2).

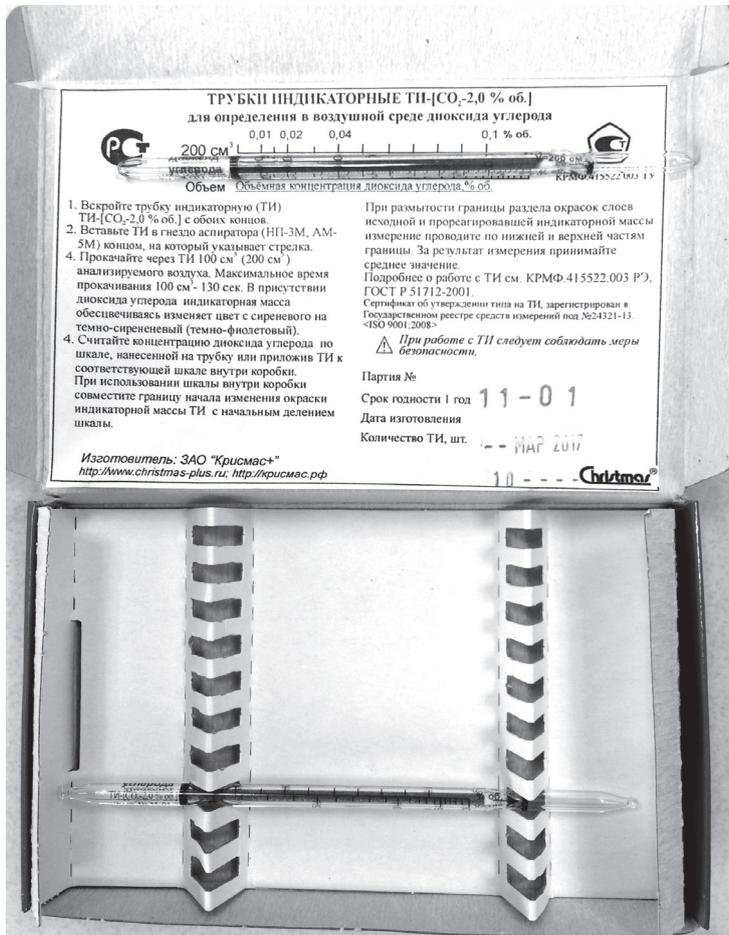


Рис. 2. Индикаторная трубка: определение содержания углекислого газа в воздухе

Экспресс-средства химического анализа имеют ограничения в использовании. Для индикаторных тест-систем с «сухими реагентами» учёные-исследователи отмечают следующие недостатки, которые могут быть использованы для образовательных целей [6].

1. Большинство тест-систем, основанных на химических и физико-химических методах, не позволяет определять следовые количества веществ.
2. Тест-средства относительно слабо закреплены на твёрдом носителе, поэтому при контакте с раствором частично смываются.
3. Один тест можно применять для определения только одного параметра или обнаружения соединения, реже — для исследования объекта на содержание 2 и более компонентов. Поэтому на практике в отношении одного объекта требуется одновременно несколько тест-систем.

При организации учебного процесса первые два недостатка позволяют учащимся выявлять наличие ограничений методов, основанных на научной основе, в процессе их применения на практике. Третий недостаток показывает обучающимся сложность реального объекта, и поэтому необходимость комплексного подхода к планированию и проведению исследования.

МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Химический экспресс-анализ представляет собой полумикрометод (метод малых количеств), когда массы и объёмы используемых веществ малы, поэтому его можно проводить в качестве лабораторного (ученического) эксперимента. Такой эксперимент соответствует требованиям, предъявляемым к нему [3, с. 14].

Методы химического анализа, рекомендуемые производителями в составе учебных экспресс-лабораторий для внелабораторного исследования, отвечают требованиям безопасности. Например, они не предполагают применения операции нагревания, значительная

часть химической посуды и принадлежностей являются пластмассовыми, а растворы кислот и щелочей в таких наборах — разбавленные.

Требование надёжности опыта при использовании методов экспресс-анализа связано с трудоёмкостью исследований, которые предшествовали созданию тест-систем. Например, индикаторная бумага — это результат длительной работы учёных, которые разработали метод для сигнального контроля состояния окружающей среды. Исследователями постоянно совершенствуются — отбираются и модифицируются — методики, которые дают достаточно достоверные результаты при определении вещества или параметра системы в присутствии различных примесей.

Техника эксперимента с использованием методов химического экспресс-анализа значительно упрощена и доступна практически любому человеку без специальной подготовки. Каждое средство сопровождается алгоритмом действий по выполнению исследования. Вопрос же эффективности применения таких методов в образовательном процессе связан с грамотностью их включения в учебно-воспитательный процесс.

Развитие у учащихся приёмов использования экспресс-методов анализа происходит в течение изучения школьного курса химии по мере формирования основных понятий и теорий. Как и другие методы обучения, они могут быть использованы в учебном процессе на разных этапах изучения химии. С методической точки зрения данные методы и их материально-техническая основа (тест-системы) первоначально являются частью осваиваемого обучающимися содержания школьного курса. При этом выявление химической сущности их работы необходимо для планирования и выполнения, например, проектной деятельности по изготовлению отдельных тест-систем обучающимися на занятиях системы дополнительного образования. В этом случае прикладной характер деятельности стимулирует познавательные интересы учащихся. На уроке тест-системы с «сухими реагентами» возможно применять как один

из вариантов лабораторного опыта, в том числе, для осуществления межпредметных связей с биологией и экологией.

На этапе обобщения и систематизации знаний более широкое применение методы экспресс-анализа имеют для организации познавательной деятельности при проведении уроков или занятий системы дополнительного образования в полевых условиях, выполнении домашнего эксперимента в качестве индивидуального задания.

ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ВО ВНЕЛАБОРАТОРНОМ КОНТРОЛЕ

Методы химического экспресс-анализа представляют собой упрощение в техническом плане классических методов со смещением акцентов с процесса на получение результата — определение содержания вещества в исследуемой системе. Поэтому восприятию опытов способствует грамотная подготовка по вовлечению обучающихся в познавательную деятельность — создание ситуации получения ими нового знания. Во внелабораторных условиях — в поле или дома — познавательная активность учащегося может быть организована как решение качественных задач или в форме учебно-исследовательской деятельности.

Методы экспресс-анализа с «сухими реагентами» могут быть использованы для решения качественных задач на распознавание веществ и на исследование и доказательство состава и свойств соединений [2]. В полевых условиях, например, в учебном лагере они являются частью учебно-исследовательской деятельности.

Под учебно-исследовательской деятельностью понимается учебная деятельность, которая ориентирована на удовлетворение познавательных потребностей обучающегося и связана с освоением методов познания, выявлением определённых закономерностей развития научных представлений об окружающем мире. Результатом такой деятельности является знание фактического или методологического характера, представленное средствами научного языка [7].

Выбор подходящего метода экспресс-анализа зависит от условий проведения эксперимента и объекта исследования. При планировании познавательной деятельности учащегося важно учитывать возможности методов анализа и ориентировочный химический состав изучаемых систем. Например, в Калужской области преобладают незасоленные почвы, в которых можно обнаружить хлориды, но не сульфаты. Обнаружение аммиака в воздухе возможно вблизи фермы, а хромат-ионов — в водоёме вблизи промышленного предприятия. Поэтому выбор темы учебно-исследовательской работы зависит от творческой работы учителя. Например, учащимся может быть предложено следующее: исследовать качество воды, питьевой, из водоёма, овощей и фруктов, на содержание в них нитратов (1); оценить качество воды водоёма методами экспресс-анализа (2); определить содержание углекислого газа в воздухе и в воде — связанного в форме карбонатов и дикарбонатов (3).

Учебно-исследовательская деятельность учащихся может быть организована в микрогруппах (по 2–3 человека). Учитель обсуждает задания со всеми обучающимися в отношении построения общего плана его выполнения. При необходимости осуществляется консультация отдельных учащихся для уточнения задач исследования и понимания алгоритма выполнения опытов средствами химического экспресс-анализа.

Экспериментальная часть исследования по первым темам (1) и (2) может быть проведена с использованием только экспресс-средств с «сухими реагентами». Нитраты обнаруживаются при помощи тест-системы «Нитрат-тест». Вода может быть исследована на содержание в ней загрязнителей — нитратов, хроматов, железа. Установление pH осуществляется универсальной индикаторной бумагой. Ножницами учащиеся отрезают часть полоски, которой касаются объекта исследования. По интенсивности появляющейся окраски они определяют содержание вещества. Полученный результат сравнивается с соответствующим значением ПДК. По усмотрению учителя, исследование объектов окружающей среды можно дополнить другими методами экспресс-анализа, например, титриметрическими.

Методы экспресс-анализа могут быть использованы для проведения занятия межпредметного характера, когда данные методы способствуют решению, например, вопросов экологического характера. Так, познавательная деятельность обучающегося на занятии кружка или факультатива может быть построена на решении задач, связанных через выполнение опыта — определение рН природных растворов, в центре которого — использование универсальной индикаторной бумаги. Приведём пример такого задания для одной микрогруппы учащихся.

Задание

Определите рН почвенного раствора. Оцените его значение для выращивания культурных растений. Для этого выполните следующее.

1. Укажите дату и погодные условия: t °С воздуха; осадки; ясно или облачно.
2. Определите рН почвенного раствора. К 2–3 см³ почвы прилейте 5–8 мл 1 М раствора КСl, перемешайте содержимое стеклянной палочкой. Через 1–2 мин. профильтруйте смесь. 1 каплю фильтрата нанесите на универсальную индикаторную бумагу. Определите значение рН по шкале [10].
3. Исследуйте буферные свойства почвенного раствора: в одну градуированную пробирку налейте 5 мл фильтрата, а во вторую — 5 мл раствора соляной кислоты с таким же значением рН, полученным разбавлением более концентрированного раствора. В обе пробирки добавьте по 0,25 мл раствора гидроксида натрия одинаковой концентрации. Определите с помощью универсальной индикаторной бумаги значения рН. Сравните данные, объясните результаты.
4. Почвы классифицируют по величине рН: сильнокислые — $\text{pH} < 4$; среднекислые — $\text{pH} = 4,15\text{--}5,0$; близкие к нейтральным — $\text{pH} = 6,1\text{--}6,9$; нейтральные $\text{pH} = 7,0$ [10, с. 5]. К какой группе относится исследуемая нами почва?
5. Какие культуры могут расти на исследуемой нами почве (см. табл. 1)?

Таблица 1

Оптимальные значения pH для роста растений [9, с. 13]

Растение	Оптимальное значение pH
Морковь	5,0 — 8,0
Редис	5,0 — 7,3
Белокочанная капуста, репа, слива, яблоня	7
Горох, салат, шпинат	4,5
Рожь	6 — 8
Ягодные культуры	5,5 — 7,5

6. Значение pH важно знать для того, чтобы рационально на него влиять: повышенную кислотность почвы уменьшают внесением негашеной извести. Допишите схему, составьте возможное молекулярное уравнение химической реакции:
 $\text{CaO} + 2\text{H}^+ \rightarrow \dots$

Таким же образом может быть построено определение pH других природных систем, например, воды водоёма.

Примером применения методов экспресс-анализа является домашний химический эксперимент. Обычно его характеризуют как возможность реализации учебной программы для обучающихся на дому. В то же время его можно использовать с целями формирования познавательных мотивов учения: область изучения химии — вещества и химические реакции, которые мы можем наблюдать не только в химической лаборатории, но и в быту. Поэтому учёные-методисты и учителя химии предлагают учащимся выполнять домашние лабораторные опыты [4, 5], которые способствуют развитию осознанного отношения к предмету, повышению познавательных интересов к изучению химии. Применение методов химического экспресс-анализа, например, тест-систем (определение нитратов в водопроводной воде, продуктах питания, активного хлора, железа, хромат-ионов — в воде реки и т. д.) позволяет модифицировать химические опыты в сторону их упрощения для про-

ведения в домашних условиях и повышения их безопасности. Например, в качестве индивидуального домашнего задания можно предложить отдельным учащимся исследовать влияние ионов хлора (см. рис. 3) и железа на соответствующие тест-системы, а затем оценить их содержание в водопроводной воде дома (см. рис. 4).

Таким образом, в настоящее время имеются возможности реализовать различные способы организации познавательной деятельности

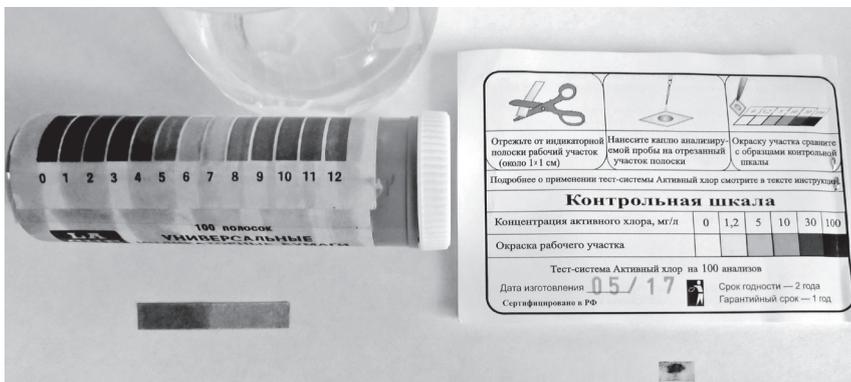


Рис. 3. Изучение действие активного хлора на индикаторную полоску

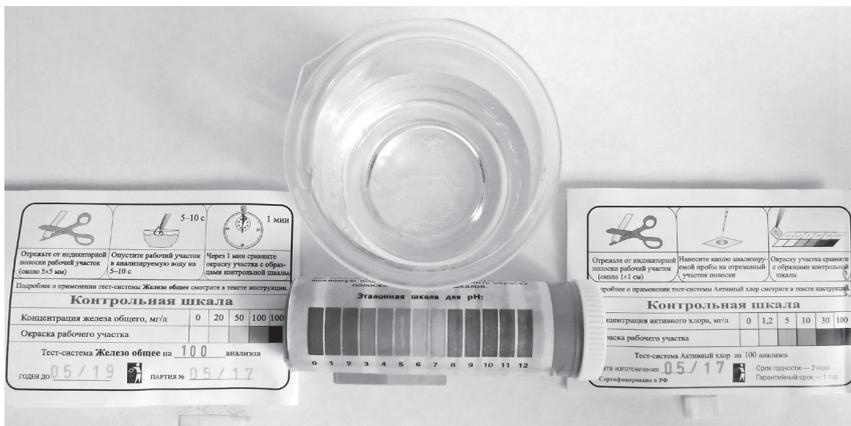


Рис. 4. Исследование водопроводной воды г. Калуги на предмет содержания железа и активного хлора (их содержание — ниже ПДК)

ти учащихся, разнообразить приёмы и способы выполнения химического эксперимента за счёт современных достижений науки, в том числе его прикладных аспектов.

ВЫВОДЫ

Требования к результатам учебной деятельности при освоении химии в средней школе ориентирует методы осуществления образовательного процесса на формирование у обучающихся умений решать познавательные задачи. Привлечение же информации в процессе их решения требует от учащихся умений понимать, интерпретировать, оценивать её в процессе применения различных источников. Важным методом получения первичных данных и исследования свойств изучаемых объектов является эксперимент.

Особое место среди методов химического анализа занимает полумикрометод, к которому относится экспресс-анализ. Методы химического экспресс-анализа предполагают использование, главным образом, натуральных объектов. При этом при использовании индикаторных тест-систем с «сухими реагентами» основными лабораторными принадлежностями является минимальный набор оборудования. Безопасность, надёжность, простота технического выполнения и возможность использования не только на уроке, но и во внелабораторных условиях, позволяют применять на их основе различные способы построения самостоятельной познавательной деятельности учащихся при обучении химии. ■

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волкова С. А., Курьянова Н. С., Пустовит С. О. Формирование универсальных умений учащихся в свете требований ФГОС. // Химия в школе. — 2014, № 1. — С. 61-69; 2014, № 2. — С. 63-67.
2. Герус С. А. Теория и практика рационализации процесса обучения химии в средней школе: Монография. — СПб.: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2003. — 160 с.

3. *Грабецкий А. А., Зазнобина Л. С., Назарова Т. С.* Использование средств обучения на уроках химии. — М.: Просвещение, 1988. — 160 с.: ил. (Б-ка учителя химии).
4. *Гурова А. В., Рыбникова О. Е.* Домашние практические работы по химии // Химия: методика преподавания. — 2005, № 1. — С. 70–74.
5. *Ерёменко Е. Б.* Ведение домашнего эксперимента в процессе обучения химии семиклассников // ИД «Первое сентября». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://festival.1september.ru>
6. *Золотов Ю. А., Иванов И. М., Амелин В. Г.* Химические тест-методы анализа. — М.: Едиториал УРСС, 2002. — 304 с.
7. Методические рекомендации для организаторов учебно-исследовательской деятельности школьников. Pandia. Энциклопедия знаний. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pandia.ru/text/77/106/116.php>
8. *Муравьёв А. Г., Пугал Н. А., Лаврова В. Н.* Экологический практикум. Учебное пособие с комплектом карт-инструкций. / Под ред. к.х.н. А. Г. Муравьёва. — 5-е изд. СПб.: Крисмас+, 2017.
9. *Назаренко В. М.* Экологизация курса химии: от темы к теме. // Химия в школе. — 1994, № 3. — С. 13.
10. *Пичугина Г. В.* Основы сельскохозяйственного производства: Учеб. пособие к экспериментальному курсу для 11 классов средних школ. // Химия: приложение к газете «Первое сентября». — 1997, № 36. — С. 5.
11. Руководство по применению мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» и её модификаций при учебных экологических исследованиях. / Под ред. к.х.н. А. Г. Муравьёва. — 5-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Крисмас+, 2016.
12. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования. Утверждён приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 года № 413. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://shkola11-nur.ru/images/materials/2017-2018/Pedagogam/Normativniedokumenti/FGOS-SOO.pdf>.