

УДК 372.854

**РАЗРАБОТКА КЮВЕТНЫХ ТЕСТ-КОМПЛЕКТОВ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА
В УСЛОВИЯХ ШКОЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

*В.О. Борская, М.В. Слесаренок, В.С. Мордачева, А.Н. Пахоменко
Могилев, Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова*

Современное естественнонаучное образование школьников предполагает установление межпредметных связей и значительную практико-ориентированную направленность. Для реализации этих принципов педагоги кроме глубоких знаний в области своего учебного предмета должны обладать еще и широким кругозором в смежных областях и умением применять знания на практике. Такой подход позволяет повысить качество общего среднего образования и улучшить целостность понимания устройства окружающего мира.

Факультет математики и естествознания МГУ имени А.А. Кулешова готовит педагогические кадры для обеспечения образовательного процесса в области естественных наук. В связи с этим, высокой ценностью обладают навыки студентов в исследовании окружающей среды и создания для этого соответствующих инструментов. Это связано с тем, что учебная деятельность кроме уроков подразумевает также и внеклассную работу по предмету, в том числе и исследовательские работы учащихся. В условиях низкой обеспеченности школ современными аналитическими системами умение будущих педагогов создавать аналитическое оборудование, позволит организовать исследовательские работы учащихся на более высоком уровне. Таким образом, появляется дополнительная возможность вовлечь в такую работу наиболее активных, заинтересованных учащихся, ориентированных на практическое применение теоретических знаний и способных к инновационному мышлению.

Среди объектов исследований учащихся в последнее время часто встречаются реки и ручьи, родники и озера. Особенно это характерно для деятельности сельских образовательных учреждений. Наряду с исследованиями реальных объектов встречаются и работы по моделированию пресноводных экосистем в лабораторных условиях – создание аквариумов, аквамиров. Обычно эти работы выполняются на стыке учебных предметов «Химия» и «Биология». Такие работы позволяют не только научиться методам исследований, но и помогают понять общие принципы функционирования и устройство природных водных объектов. Например, сюда относятся исследования, связанные с изучением процесса эвтрофикации водоемов. При этом химическая составляющая связана с определением концентрации в воде соединений некоторых биогенных элементов: азота, фосфора и кислорода.

Классические химические и физико-химические методы определения концентрации этих компонентов достаточно трудоемки, и реализовать их в условиях школьной лаборатории в большинстве случаев невозможно. Однако существуют тест-методы анализа, которые позволяют провести те же исследования с применением более простых, малозатратных методик. При этом в Беларуси не выпускаются наборы для таких исследований, несмотря на то, что комплекты иностранного производства присутствуют на рынке, но малодоступны для большинства школ.

Во время выполнения курсовых и дипломных работ студенты, обучающиеся по специальностям «Химия» и «Химия. Биология», осваивают технику изготовления экспресс-тестов, использующих визуальную колориметрию для определения концентрации соединений азота в воде.

Азот присутствует в природных водах в виде разнообразных неорганических и органических соединений. Наибольшее значение имеют аммонийные NH_4^+ , нитритные NO_2^- и нитратные NO_3^- -ионы и аммиак. Эти соединения генетически взаимосвязаны, могут переходить друг в друга и поэтому рассматриваются совместно в виде азотного цикла как части биогеохимического круговорота азота.

Наиболее токсичными элементами этого цикла являются ионы аммония и аммиак. Эти соединения легко переходят друг в друга. Между ними существует подвижное равновесие, зависящее от pH водной среды и температуры. В природных водах pH находится в интервале 6–8. При этих условиях азот аммонийный содержится в основном в виде аммония.

На снижение концентрации аммонийного азота в воде оказывают влияние несколько процессов. В первую очередь это развитие водной растительности, которая поглощает эти соединения, и окисление азота аммонийного под воздействием бактерий-нитрификаторов в аэробной среде.

Кроме процессов окисления соединений азота в водных объектах в анаэробных условиях протекает также и процесс денитрификации, в результате которого в атмосферу выделяется свободный газообразный азот.

Для определения концентрации ионов аммония в водных растворах применяют гравиметрические, титриметрические, электрохимические и спектрофотометрические методы анализа. При этом гравиметрические и титриметрические методы, как правило, сложны. Электрохимические методы анализа требуют применения сложной аппаратуры и, поэтому также неприменимы в школьных исследованиях. Таким образом, при создании тест-средств для определения концентрации аммонийного азота в природных водах, позволяющих проводить экс-

прессные исследования в условиях школы, пригодны лишь некоторые спектрофотометрические методы, не включающие в себя сложные аналитические операции. В качестве применимых для этих целей обычно рассматривают метод Несслера и индофенольный метод вместе с его салицилатной модификацией.

В методе Несслера используются соли ртути. Поэтому он неприменим в работе школьников. В индофенольном методе ионы аммония реагируют с фенолом или салицилатом натрия в присутствии гипохлорита натрия с образованием индофенольного соединения, имеющего синюю окраску.

Для разработки студентами тест системы, позволяющей определять концентрацию аммонийного азота в воде, была использована салицилатная модификация индофенольного метода. В качестве стандартных были приготовлены растворы хлорида аммония с точно известными концентрациями, лежащими в диапазоне 0,05 – 0,5 мг N/дм³. Для этого был использован препарат квалификации ХЧ.

В качестве источника гипохлорита был использован отбеливатель «Бялізна» производства ОДО «Будмаш». Салицилат натрия использовали квалификации ЧДА. Аналитическую реакцию проводили в присутствии небольшого количества нитропруссиды натрия, дающего желтый цвет раствора, влияющий на итоговую окраску. В зависимости от концентрации аммонийного азота развивалась желтая окраска раствора, желто-зеленая или чисто-зеленая.

Заранее изучалась динамика нарастания окраски и определялось оптимальное время анализа. Также предварительные эксперименты позволили определить оптимальные дозировки реагентов гипохлорита, салицилата и нитропруссиды натрия. Также для возможности использования визуально-колориметрической методики была создана цветовая шкала.

Для определения содержания нитрит-ионов в воде использовали метод Грисса, который заключается во взаимодействии сульфаниловой кислоты, диазотированной в присутствии нитритов, с ароматическими аминами. При этом образовывался розовый раствор. Для определения нитрат-ионов также использовался метод Грисса. Однако перед стадией анализа для восстановления нитрат-иона до нитрит-иона воду обрабатывали металлическим цинком.

В качестве стандартов были использованы нитрит и нитрат калия квалификации ЧДА. Из них были приготовлены растворы в интервалах концентраций нитрит-иона 0,08-0,24 мг/дм³ и нитрат-иона 0,5-5 мг/дм³. Выбор диапазона концентраций нитрит-иона был обусловлен ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения. Так 0,08 мг/дм³ нитрита соответствует 1 ПДК. Для нитрат-иона ПДК составляет 45 мг NO₃⁻/дм³. Однако в поверхностных водах наиболее часто встречаются концентрации нитрат-ионов до 5 мг NO₃⁻/дм³, что и стало определяющим при выборе интервала концентраций.

Для анализа использовали готовый реактив Грисса квалификации ЧДА. Для создания тест-комплекта его расфасовывали в пробирки. Для определения нитратов в пробирки еще добавляли пыль цинка. После проведения реакций на основании полученных окрашенных растворов готовилась цветовая шкала.

На основании полученных данных и дозировок реагентов были укомплектованы наборы для проведения анализа в полевых условиях. В состав тест-комплектов включены шприцы для дозирования 5 см³ и 1 см³, по 2 пластиковые кюветы, колориметрические шкалы, по 20 пробирок с дозированными реагентами, капельницы с растворами реагентов и инструкции.