НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТА-ХИМИКА

Ларионова Валентина Михайловна,

кандидат химических наук, доцент

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

lealvmleel@mail.ru

Пустовит Светлана Олеговна,

кандидат педагогических наук, доцент

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

sveta_pus@mail.ru

Тимофеева Виктория Владимировна,

студент

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

vikatim95@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Экологизация образования рассматривается как неотъемлемая составляющая государственной политики в области экологического развития Российской Федерации. С одной стороны, экологическое образование раскрывается как потребность общества в формировании культуры обучающегося, а, с другой, представлено как интегральная часть профессиональной деятельности студента. На примере выполнения выпускной квалификационной работы показаны возможности развития у студента-химика представлений об экологических знаниях как неотъемлемом компоненте современного подхода к решению различных задач прикладной направленности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *выпускная квалификационная работа, научно-исследовательская работа, экологическое образование.*

RESEARCH ACTIVITY IN THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL EDUCATION OF A CHEMICAL STUDENT

Larionova V. M.,
Candidate of chemical Sciences, associate Professor of the Chair of Chemistry
Federal state budgetary educational institution of higher education «Kaluga state University after named K. E. Tsiolkovsky», head of chemistry Department, associate Professor of the Chair of Chemistry

Pustovit S. O.,
Candidate of pedagogical sciences, associate Professor of the Chair of Chemistry
Federal state budgetary educational institution of higher education «Kaluga state University after named K. E. Tsiolkovsky»

Timofeeva V. V.,
student
Federal state budgetary educational institution of higher education «Kaluga state University after named K. E. Tsiolkovsky»

ABSTRACT
The greening of education is considered as an integral component of the state policy in the field of environmental development of the Russian Federation. On the one hand, environmental education is revealed as the need of society for the formation of the student's culture, and, on the other, it is presented as an integral part of the student's professional activity. Using the example of the final qualification work, the possibilities of developing an understanding of environmental knowledge as an integral component of a modern approach to solving various applied tasks are shown.

KEYWORDS: *final qualification work, research work, environmental education.*

Ни насыщение, ни голод и ничто другое не хорошо, если преступить меру природы.

Гиппократ.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с законом «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.» (утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 г.) в качестве задачи государственной политики в области экологического развития определено «формирование экологической культуры, развитие экологического образования и воспитания» [17]. Важным механизмом её выполнения является воспитание обучающихся в рамках «Плана мероприятий по реализации в 2021-2025 гг. Стратегии развития воспитания в РФ на период до 2025 г. (утв. распоряжением Правительства РФ от 12 ноября 2020 г. № 2945-р)» [18]. В результате мероприятия экологической направленности рассматриваются как обязательная часть программы воспитательной работы на различных ступенях образования, включая образовательные учреждения высшего образования.

В учреждениях высшего образования включение вопросов экологического содержания в образовательный процесс осуществляется различными способами. При обучении студентов естественнонаучных направлений, в том числе, направления подготовки 04.03.01 Химия, экологическое образование представляет собой интегративную часть аудиторных занятий и внеаудиторной деятельности. При этом потребность в усилении экологической составляющей химического образования напрямую связывают с работой студентов с химическими веществами различных классов опасности, вопросами утилизации образующихся при этом отходов и растущей в обществе хемофобией. Всё это составляет

ряд аспектов в исследовании обучающимися проблем, которые требуют целенаправленного поиска и научно обоснованного выбора пути решения. Наибольшего развития научно-исследовательская работа студента получает при выполнении выпускной квалификационной работы. Её содержание часто всего имеет практический характер и предполагает обращение с химическими веществами, значит, учёт экологического аспекта исследуемой проблемы.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ СТУДЕНТОВ ВУЗА

Под экологическим образованием понимают процесс расширения знаний об окружающей среде, способствующих формированию ценностного отношения к экологии и осуществлению деятельности, а также направленной на защиту окружающей среды [13]. На современном этапе социально-экономического развития нашей страны одной из важнейших задач экологического образования является изменение потребительского отношения обучающихся к природной среде на различных ступенях образования и формирование представлений о разумных социально-экологических ограничениях.

В настоящее время в наиболее широком смысле экологическое образование студентов рассматривается через процесс их вовлечения в различные программы и акции, т. е. в ситуации поиска возможных решений экологических проблем. Одновременно в программы воспитательной работы студентов вуза экологическую составляющую активно включают через содержание рефератов, творческих и проектных работ, выполняемых обучающимися по различным учебным дисциплинам [1].

С решением указанной задачи воспитания студентов экологической и неэкологической направленности связано включение в ряд основных образовательных программ специальных дисциплин, таких как, «Экология», «Биология с основами экологии»,

«Рекреационное природопользование» [5, 9, 21]. В качестве возможных методов повышения результативности учебных занятий указывают на важность применения ситуационных задач, деловых игр, дискуссий и др., имитирующих реальные ситуации и предполагающих синтез знаний из различных областей науки [21]. В некоторых случаях учебные дисциплины социальной или естественнонаучной направленности содержат темы экологической направленности, например, следующие: тема «Окружающий мир и экологические аспекты БЖ» — при освоении учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»; тема «Свойства соединений меди. Токсичные продукты» — при изучении курса «Химия»; тема «Предельные ациклические углеводороды. Токсичность отдельных представителей: хлороформ, четыреххлористый углерод» — при овладении учебным предметом «Органическая химия» и т. д. [22]. При освоении химических дисциплин, методы которых активно применяются для выявления и решения ряда экологических проблем, экологическое образование может осуществляться через включение соответствующих вопросов в содержание лекций, химических экспериментов, в том числе проблемного характера, химическую часть качественных и расчётных задач, тестовых заданий, научно-исследовательских работ химико-экологической тематики [11].

Созданию условий для обеспечения эффективности экологического образования студента способствует выполнение научно-исследовательской деятельности. Она может осуществляться, как непосредственно в рамках освоения дисциплины «Экология» [14], так и в форме отдельного межпредметного исследования, например, по теме выпускной квалификационной работы. Поэтому с вопросами защиты окружающей среды связана подготовка студентами научных докладов и презентаций, представляемых на конференциях по проблемам экологии и смежным отраслям науки [1].

Научно-исследовательская работа студента предполагает интеграцию в конкретной реальной ситуации знаний экологии с естественнонаучными, экономическими, правовыми, социальными, психолого-педагогическими и другими аспектами исследуемой проблемы [15]. Комплексный подход способствует не только достижению поставленной цели, но и формирует у студентов целостное представление о необходимости мультидисциплинарного поиска решения. В такой ситуации экологические знания являются компонентом научно-исследовательской деятельности, а решение студентами познавательных задач, соответствующих цели исследования, позволяет обучающимся осознать необходимость учёта не только условий выполнения деятельности, но и возможного воздействия выбранного решения на окружающую среду.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Большой потенциал в отношении экологического образования студентов представляет выполнение научно-исследовательской работы, которая осуществляется в форме подготовки рефератов, курсовых работ (проектов), выпускных квалификационных (ВКР) и других видов работ, которые охватывают весь период обучения и соответствуют разным уровням сформированности профессиональных компетенций. В данной публикации на примере обучения студентов-химиков мы уделяем особое внимание вопросу организации научно-исследовательской деятельности по теме ВКР, которая в целом характеризует способность и готовность выпускника решать задачи будущей профессиональной детальности и поэтому содержит все соответствующие аспекты исследования проблемы, в том числе, экологического характера.

В зависимости от объекта и цели исследования компоненты экологического образования при выполнении ВКР студентами

направления подготовки 04.03.01 Химия могут быть реализованы на разных этапах научно-исследовательской работы.

Во-первых, формированию системы экологических знаний способствует формулирование темы исследования химико-экологической направленности. Применение системы химических знаний, предметных умений и опыта деятельности по проведению химического эксперимента на основе экологического содержания способствует осознанию обучающимися возможностей науки для решения задач прикладного характера. В данном случае экологическая составляющая отражается в названии, значит, представлена в явном виде, например, в следующих ВКР: «Оценка загрязнения почв Калужской области радионуклидами», «Аналитический контроль содержания фтора в природных водах и зубных пастах».

Во-вторых, экологическому образованию способствует выявление в содержании исследуемой проблемы, а также в условиях решения или социальной значимости работы, выполняемой студентом-химиком, отдельных экологических аспектов. В таком случае исследование не направлено непосредственно на решение экологической проблемы, но при этом учитывает возможности влияния процесса и результатов работы обучающегося на окружающую среду. Примером такого подхода является совершенствование методов количественного определения ионов кальция и магния в природной воде. Результаты, полученные студентом под руководством преподавателя, также могут рассматриваться как возможность оптимизации процесса мониторинга питьевых вод на основе измеряемых параметров.

На этапе выполнения экспериментальной части ВКР экологизация может осуществляться через оптимизацию методик исследования и методов химического анализа в сторону выбора реактивов, наиболее безвредных для здоровья и безопасных для окружающей среды. Так, при работе на жидкостном хро-

матографе при соответствующей возможности имеет значение использование в качестве растворителя изопропанола вместо, например, гораздо более ядовитого метанола. При извлечении студентами антраценпроизводных из лекарственного растительного сырья может быть показана возможность замены пожароопасного и токсичного диэтилового эфира, применяемого в качестве экстрагента, на более безвредный водно-этанольный раствор. В приведённых примерах важно учитывать не только возможный вред для здоровья человека, но и необходимость решения исследовательской лабораторией проблемы своевременной утилизации образующихся токсичных и пожароопасных отходов.

Существенный вклад в экологическое образование студентов вносит потребность в решении отдельного вопроса — утилизации отходов химических реактивов различной степени опасности после проведения химического эксперимента. В данном случае речь идёт не только о решении проблемы в масштабе страны, но и о лаборатории, поскольку данная проблема является актуальной для каждого исследователя и заставляет задуматься о способе её решения в ближайшее время, а не в отдалённой временной перспективе. Интересным примером является изучение процессов сорбции иммобилизованными биосорбентами на основе дрожжей, осуществляемое сотрудниками нашего университета, в котором также принимают участие студенты-химики. Дрожжи, выступая в качестве дешёвого сорбента ионов тяжёлых металлов, становясь отходами по результатам исследования, затем потенциально могут применяться как добавка при повышении качества бетона [4].

Таким образом, акцентирование внимание студентов-химиков на отдельных экологических аспектах проблем, исследуемых в рамках выполнения ВКР, способствует решению вопросов экологического образования обучающихся.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В ВКР ХИМИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКИ

В качестве примера исследования с включением вопросов экологического образования рассмотрим особенности выполнения студентом направления подготовки 04.03.01 Химия (профиль «аналитическая химия») ВКР по теме «Аналитический контроль содержания соединений хрома в ваннах электролитического хромирования».

Выбранная тема соответствует направлению подготовки обучающегося. Целью исследования является определение содержания соединений хрома в ваннах электролитического хромирования. В качестве объекта исследования выбраны электролиты хромирования гальванического цеха. Для достижения поставленной цели в работе осуществлялось решение следующих задач: 1) теоретический анализ различных источников информации по проблеме исследования химических составов для ванн электролитического хромирования; 2) выявление видов, свойств, областей применения хромовых покрытий, методов контроля их качества и основных дефектов; 3) изучение технологии электролитического хромирования; 4) количественный анализ электролитов хромирования титриметрическим и фотоколориметрическим методами; 5) сопоставление данных титриметрического и фотоколориметрического методов. В целом, как мы видим, содержание исследование связано с проведением химического анализа выбранного объекта и сопровождается выбором обучающимся адекватных методик и методов исследования. В качестве предметной основы исследования выступают знания химической науки, однако при грамотным подходе к организации научно-исследовательской деятельности работа студента может быть дополнена экологическим компонентом.

Теоретические основы процесса электроосаждения хрома

Согласно литературным данным, актуальность исследования, выполняемого студентом, связана с широким применением на практике уникальных свойств электролитического хрома: высокие твёрдость и отражательная способность, сопротивление механическому износу, низкий коэффициент трения. Поэтому процесс хромирования применяют для покрытия поверхностей изделий, подверженных трению, атмосферной коррозии, разрушению под действием высоких температур, в качестве средства восстановления изношенных деталей, для декоративных и других целей [19].

Основным компонентом электролита хромирования является водный раствор «хромового ангидрида», который фактически представляет собой смесь хромовых кислот: H_2CrO_4, $H_2Cr_2O_7$, $H_2Cr_3O_{10}$. В отсутствие катализаторов погружение металла в такой раствор приводит к образованию на его поверхности тонкой прочной радужной плёнки (оксиды и гидроксиды хрома), препятствующей проведению процесса электроосаждения хрома. Применение катализаторов (ионы SO_4^{2-}, SiF_6^{2-} или F^-), добавляемых в электролиты хромирования, способствует восстановлению CrO_4^{2-} до Cr^{3+} и далее — осаждению Cr^0.

В результате изучения информации, представленной в литературных источниках, обучающийся устанавливает, что качество износостойких хромовых покрытий определяют по их внешнему виду, толщине слоя, прочности сцепления, а у пористых покрытий, кроме того, оценивают по их пористости или маслоёмкости [7]. Получение покрытий с заданными свойствами требуют контроля и поддержания определённых диапазонов концентраций CrO_4^{2-} и катализаторов [19]. В связи с этим требуется постоянный аналитический контроль содержания соединений хрома в ваннах электролитического хромирования.

В свою очередь, поддержание определённого химического состава электролита хромирования необходимо, поскольку в процессе элеткроосаждения происходит его изменение. На электродах протекают следующие процессы [19].

К(-): $Cr^{+6} + 6\bar{e} \rightarrow Cr^{0}$ (электроосаждение хрома);

$Cr^{+6} + 3\bar{e} \rightarrow Cr^{3+}$ (избыток Cr^{3+} нарушает работу электролита);

$H+ + \bar{e} \rightarrow H_{адс}$; $H_{адс} + H_{адс} \rightarrow H_2\uparrow$ (побочный процесс).

А(+) (из свинца и его сплавов): $2H_2O — 4\bar{e} \rightarrow O_2\uparrow + 4H^{+}$;

$Cr^{3+} — 3\bar{e} \rightarrow Cr^{6+}$.

Экологический аспект проблемы исследования

К особенностям процессов хромирования относят очень низкий выход по току (около 11–17%), связанный с протеканием побочных химических реакций, а также высокую токсичность и агрессивность электролитов хромирования, которые сохраняются даже в их разбавленных растворах [12]. Обе особенности представляют собой методический интерес в отношении экологического образования студента, поскольку покрытие заданного качества можно получить только при использовании электролита хромирования определённого химического состава. Поэтому, с одной стороны, проведение процесса электроосаждения сопровождается низкой результативностью: по сравнению с высокой затратой энергии образующаяся плёнка из металла-хрома оказывается небольшой, а применяемый электролит в то же время достаточно быстро теряет свои «рабочие» свойства. С другой стороны, изменение свойства электролита не позволяет одновременно, как применять его дальше без корректирования химического состава, так и затрудняет процесс его утилизации. Токсичность проявляют вододорастворимые соединения хрома, при этом опасность зависит от степени окисления хрома. В масштабе отходов

промышленного производства вопрос значительно расширяется и усложняется, увеличиваются экономические затраты на решение данной проблемы. В качестве одного из решений для работы предприятия выступает поиск возможностей для продления срока эксплуатации электролита. В результате повышается роль аналитического контроля его состава, экспрессности и точности измерений. Такой подход расширяет практическую значимость исследования и позволяет студенту рассматривать выполняемую работу не столько с точки зрения экономической выгоды для предприятия, сколько с позиции снижения негативного воздействия человека на окружающую среду. В общем, тема, проблема, объект и предмет исследования остаются прежними, но мотивация обучающегося корректируется и дополняется экологическим компонентом.

Критерии оценивания качества электролита хромирования

Исходя из данных, представленных в научной и нормативно-технической литературе, студент делает вывод о том, что химический состав электролита хромирования влияет на свойства образующегося осадка и условия проведения технологического процесса. При проведении процесса необходимо учитывать содержание в нём, главным образом, концентрации «хромового ангидрида» и ионов хрома (III). Именно их, в первую очередь, необходимо постоянно контролировать.

Необходимым условием получения блестящих осадков хрома является сохранение концентрации «хромового ангидрида» в электролите, которая должна составлять около 250 г/л. Из-за её снижения уменьшается интервал рабочей температуры, и возрастают энергетические затраты на проведение процесса [20].

На характер образующегося осадка хрома оказывают влияние ионы Cr^{3+}. Они обнаруживаются в ваннах хромирования, поскольку в виде примесей изначально присутствует в хромовом

ангидриде, а также образуются в результате протекания на катоде побочных процессов восстановления соединений хрома (VI). Возрастание концентрации ионов Cr^{3+} суживает интервал получения блестящих покрытий, приводит к получению тёмных осадков, снижает электропроводность раствора в ванне хромирования. Поэтому контроль содержания ионов Cr^{3+} дополняется периодическим окислением данных катионов. Для этих целей ванну электролитического хромирования на некоторое время оставляют под действием электрического тока со свинцовыми промытыми анодами и любыми устойчивыми катодами.

Концентрация катализатора, добавленного в раствор хромирования, влияет на характер образования осадка. Например, при недостаточном содержании в ванне сульфатов выделяются тёмные осадки хрома, подобные тем, которые получаются при накоплении в растворе ионов Cr^{3+}. Электролиты хромирования различают в зависимости от катализатора: универсальный сульфатный, саморегулирующийся сульфатный, сульфатно-кремнефторидный, фторидный, тетрахроматный и др. [19].

Наиболее часто в промышленности применяют универсальный сульфатный электролит хромирования. Его основными компонентами являются «хромовый ангидрид» (100-500 г/л) и катализатор — серная кислота. По массе требуется поддерживать соотношение концентраций CrO_3:H_2SO_4 = 100:1. Такой электролит является наименее агрессивным и наиболее стабильным в работе. При этом содержание ионов Cr^{3+} в сульфатном электролите должно поддерживаться в концентрации 2–5 г/л (1–2% от содержания «хромового ангидрида»). Их отсутствие или превышение концентрации может приводить к ухудшению качества и свойств хромовых покрытий [19].

В саморегулирующийся сульфатный электролит, в отличие от предыдущего состава, сульфаты вводят в виде труднорастворимой соли — сульфата стронция, добавляемой в избытке.

По мере снижения концентрации сульфатов в растворе происходит частичное растворение соли, расположенной в виде осадка на дне электролитической ванны [23].

В тетрахроматный электролит, кроме хромовой и серной кислот, добавляют большое количество щёлочи, которая частично нейтрализует кислоты. Такой электролит не является агрессивным, а хром осаждается из него при комнатной температуре (18–25 °C) и с высоким выходом по току [23].

Выявление этапов технологического процесса хромирования

В процессе выполнения исследования студент устанавливает, что технологический процесс электрооосаждения хрома включает этапы подготовки и непосредственно получения покрытия. Важная роль при этом отводится подготовке поверхности обрабатываемого металла. Она состоит в следующих операциях:

1) шлифование и полирование поверхности;
2) термическая обработка (при необходимости);
3) удаление жировых загрязнений органическими растворителями, протирка тканью;
4) предотвращение попадания хрома на некоторые участки детали или изделия, например, закрытие отверстий;
5) крепление на подвески;
6) обезжиривание;
7) промывка в воде;
8) подготовка поверхности металла перед хромированием;
9) фиксирование подвески и анодов в ванне хромирования [2].

Определение концентрации «хромового ангидрида» и ионов хрома (III) в электролите хромирования

Обзор содержания ГОСТов и научных публикаций, проведённый студентом, выявляет, что определение концентрации хромат-ионов и ионов Cr3+ в водном растворе рекомендуется

проводить различными физическими, химическими и физико-химическими методами. Среди них наибольшее применение находят титриметрический и фотоколориметрический методы исследования.

Измерение концентрации «хромового ангидрида»

В титриметическом методе для определения концентрации «хромового ангидрида» применяют 2 варианта проведения исследования.

1. Прямое титрование раствора солью Мора: в кислой среде происходит восстановление хрома (VI) до хрома (III). Индикатор (дифениламин) меняет окраску с синей на зелёную [6].

$$2H_2CrO_4 + 6FeSO_4 + 6H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O.$$

2. Обратное титрование с солью Мора: хром (VI) в сильнокислой среде восстанавливают избытком соли Мора до хрома (III), который затем оттитровывают раствором перманганата калия до появления розовой окраски [16]:

$$2CrO_3 + 6FeSO_4 + H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O;$$

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 = 5Fe_2(SO_4)_3 + \\ + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O.$$

При определении концентрации «хромового ангидрида» методом обратного титрования в коническую колбу объёмом 250 мл помещают 0,5 мл электролита, добавляют 100 мл воды, 15 мл серной кислоты (разбавление — 1:5). При добавлении из бюретки 40–50 мл 0,1 н. раствора соли Мора, растворённой в 5%-ной H_2SO_4, окраска раствора меняется с жёлтой на зеленовато-голубую. Если окраска не изменилась, дополнительно вводят определённый измеренный объём раствора соли Мора. Избыток соли Мора оттитровывают 0,1 н. раствором перманганата калия до по-

явления бледно-розовой окраски. Расчёт концентрации «хромового ангидрида» (Н, г/л) проводят по формуле:

$$H = \frac{(a - b) \times k \times T \times 1000}{m},$$

где: a и b — количество 0,1 н. раствора $KMnO_4$, израсходованного на титрование, соответственно, холостой пробы и избытка соли Мора, мл; T — титр 0,1 н. раствора $KMnO_4$ по хромовому ангидриду (теоретический титр — 0,00333), г/мл; k — коэффициент нормальности 0,1 н. $KMnO_4$; m — количество электролита, взятого для анализа, мл [16].

Большей экспрессностью и достаточно высокой точностью характеризуется фотоколориметрический метод измерения концентрации «хромового ангидрида». Определение проводят с использованием градуировочного графика [8].

В мерную колбу на 100 мл помещают 5 мл электролита, добавляют 15 мл воды и 60 мл восстановительной смеси. Полученный раствор кипятят 3 мин. В результате происходит восстановление хрома (VI), а цвет раствора меняется с жёлто-оранжевого на зелёный. Затем раствор охлаждают, объём колбы водой доводят до 100 мл.

В 3 мерные колбы на 25 мл помещают по 10 мл этанола и 2–3 капли соляной кислоты (плотность — 1,19 г/мл) до pH 3-4. В 1-ю колбу добавляют 5 мл 0,1 н. раствора $BaCl_2$, во 2-ю и 3-ю — по 5 мл воды. Во 1-3 колбы помещают по 1-3 мл восстановленного раствора «хромового электролита», перемешивают, доводят объём водой до метки. Содержимое колб термостатируют 3 мин. при 20 °С и колориметрируют (λ = 435 нм, l = 50 мм): калибровку нуля проводят по растворам, взятым из 2-й и 3-й колб. Против холостой пробы измеряют экстинцию суспензии сульфата бария (1-я колба).

Для построения градуировочного графика готовят эталонные растворы следующего состава (г/л): CrO_3 — 200, H_2SO_4 — 1-5, с интервалом 0,5 г/л. Их подготовка включает необходимые стадии анализа. По данным оптической плотности растворов с различным содержанием серной кислоты строят градуировочный график, который применяют для исследования раствора электролита хромирования [10].

Реже концентрацию «хромового ангидрида» устанавливают ареометром по плотности раствора электролита при 20 °С, пользуясь *табл. 1*. Концентрация серной кислоты в данном случае на результаты измерений не влияет [19]. Недостатком метода является его низкая точность.

Таблица 1

Определение концентрации CrO_3 по плотности электролита при 20 °С

Плотность электролита, г/см^3	1,07	1,11	1,14	1,18	1,21	1,23
Концентрация CrO_3, г/л	100	160	200	250	300	350

Измерение концентрации ионов хрома (III)

Концентрацию ионов Cr^{3+} обычно определяют методом окислительно-восстановительного титрования, рассчитывая её как разность между общим содержанием хрома и содержанием хрома (VI). Для этой цели проводят восстановление хрома (III) до хрома (VI) персульфатом аммония:

$$Cr_2(SO_4)_3 + 3(NH_4)_2S_2O_8 + 8H_2O = 2H_2CrO_4 + \\ +3(NH_4)_2SO_4 + 6H_2SO_4 \text{ [10].}$$

К 0,2 мл исследуемого раствора электролита добавляют 50 мл воды, 10 мл раствора персульфата аммония и 15 мл серной кисло-

ты. Полученный раствор нагревают 15–20 мин. После охлаждения добавляют ортофосфорную кислоту (плотность 1,7 г/см^3) и индикатор дифениламин. Титруют 0,1 н. раствором соли Мора от тёмно-синей до зелёной окраски. Концентрацию (Н, г/л) рассчитывают по формуле:

$$\text{H} = \frac{(a - b) \times k \times T \times 1000}{m},$$

где: a и b — объёмы соли Мора, израсходованные на титрование, соответственно, пробы при определении ионов Cr^{3+} и «хромового ангидрида», мл; k — поправочный коэффициент соли Мора по $KMnO_4$; T — титр соли Мора по ионам Cr^{3+} (теоретический титр — 0,00253), г/мл; m — объём пробы электролита, мл [8].

Фотоколориметрический метод определения концентрации ионов Cr^{3+} является наиболее перспективным. Метод отличается быстротой по сравнению с титриметрическим методом и позволяет с достаточной точностью определить концентрацию данных ионов в электролите.

Измерение проводят на фотоколориметре или спектрофотометре (λ = 590 нм, l = 20 мм). Раствором сравнения выступает эталонный раствор, который не содержит ионов Cr^{3+}, но имеет концентрацию хромовой кислоты, равную 250 г/л [19].

При построении калибровочного графика готовят растворы, в которых известна концентрация хромовой кислоты, например, составляет 250 г/л, с концентрациями ионов Cr^{3+} в интервале, в котором может меняться содержание трёхвалентного хрома в исследуемом электролите хромирования, например, от 1 до 10 г/л (в пересчёте на Cr_2O_3). Для приготовления растворов чаще всего применяют хлорид хрома (III).

При построении калибровочного графика в мерные колбы на 50 мл отбирают по 5 мл каждого из эталонных растворов, со-

держащих ионы Cr^{3+} определённой концентрации, и доводят содержимое колбы до метки водой. Также в мерной колбе на 50 мл разбавляют 5 мл раствора сравнения (250 г/л CrO_3), не содержащего трёхвалентного хрома. Проводят фотометрирование полученных разбавленных эталонных растворов, применяя раствор сравнения, также разбавленный в 10 раз. По значениям оптической плотности от концентрации ионов Cr^{3+} (в пересчёте на $Cr2O_3$) строят калибровочный график.

При определении концентрации ионов Cr3+ осуществляют подготовку пробы исследуемого электролита. Для этого в мерную колбу на 50 мл помещают 5 мл образца электролита и доводят объём колбы водой до метки (разбавление — в 10 раз). В мерной колбе на 50 мл также готовят раствор сравнения, в котором концентрация CrO_3 равна концентрации производственного электролита и не содержит трёхвалентного хрома, а затем разбавляют его в 10 раз. Измеряют оптическую плотность полученного раствора, применяя раствор сравнения.

Потенциометрический метод измерения ионов хрома (III) основан на изменении потенциала платинового электрода при окислении хрома (III) до хрома (IV) раствором красной кровяной соли $K_3[Fe(CN)_6]$ в щелочной среде в присутствии катализатора — сульфата таллия (I) Tl_2SO_4 [3]. Такой катализатор имеет высокую стоимость, что ограничивает применение метода на практике.

Результаты исследования электролита хромирования.

При исследовании растворов электролитов титриметрическим и фотоколориметрическим методами получены сопоставимые результаты, представленные в *табл. 2*. Поэтому оба метода можно использовать для данных контроля химического состава электролита хромирования.

Таблица 2

Результаты анализа электролитов хромирования, полученные различными методами

№ электролита	Концентрация CrO3, г/л		Концентрация Cr3+, г/л	
	Титриметрия	Фотоколориметрия	Титриметрия	Фотоколориметрия
1	278,6	279,2	4,2	3,8
2	259,1	258,3	3,9	3,7
3	234,9	234,5	2,1	2,4
4	261,7	261,1	2,4	2,5
5	239,4	239,2	2,7	2,3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Неудовлетворительное состояние окружающей среды в настоящее время требует активизации деятельности, связанной с формированием у обучающихся системы экологических знаний, ценностных представлений и повседневного экологического поведения. Экологический компонент следует рассматривать не как отдельный вопрос в обеспечении качества образования, а в качестве необходимой составляющей будущей профессиональной деятельности выпускника. При обучении студентов большой вклад в решение данной задачи вносит решение различных задач прикладной направленности, включая выполнение научно-исследовательской работы. ■

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Барышева Е. В.* Экологическое воспитание студентов в системе ценностей личности // Устойчивое развитие: общество, экология, экономика. Материалы XV международной научной конференции. — М.: Московский университет им. С. Ю. Витте, 2019. — С 39-44. [Электронный ресурс]. — Режим досту-

па: https://elibrary.ru/item.asp?id=38499335 (Дата обращения: 12.07.2021 г.).
2. *Вейнер Р.* Гальваническое хромирование / пер. с нем. — М.: Машиностроение, 1964. — 152 с.
3. *Вячеславов П. М., Шмелева Н. М.* Контроль электролитов и покрытий. — Л.: Машиностроение, 1985. — 96 с.
4. *Гаранин Р. А., Лыков И. Н.* Особенности сорбции ионов меди иммобилизованными дрожжами // Научные труды Калужского государственного университета имени К. Э. Циолковского. Серия: Естественные и технические науки. 2021. — Калуга: Издательство КГУ имени К. Э. Циолковского, 2021. — С. 235-246.
5. *Гладкая И. В.* Экологическое воспитание как компонент личностного становления студентов // В сборнике: Инженерное образование как ответ на вызовы общества. Формирование престижа профессии инженера у современных школьников. Сборник статей IX Всероссийской очно-заочной научно-практической конференции с международным участием в рамках Петербургского международного образовательного форума. Под редакцией А. Г. Козловой [и др.]. СПб, 2021. — С. 327-329. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44953886 (Дата обращения: 14.07.2021 г.).
6. *Годовская К. И., Толстая Л. Т.* Лабораторный практикум по техническому анализу и контролю качества электрохимических покрытий. — М.: Машиностроение, 1984. — 182 с.
7. ГОСТ 9.302-88. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля. — М.: Изд-во стандартов, 1988. — 66 с. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200004819 (Дата обращения: 14.07.2021 г.).
8. ГОСТ 107.460092.001-86. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Типовые технологические процессы. Книга вторая. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 242 с.
9. *Демиденко Г. А.* Экологическое воспитание студентов для формирования их мировоззрения // В сборнике: Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы

международной научно-практической конференции. Красноярск, 2021. — С. 191-192. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=46204767 (Дата обращения: 14.07.2021 г.).

10. *Котик Ф. И.* Ускоренный контроль электролитов, растворов и расплавов. Справочник. — М.: Машиностроение, 1978. — 191 с.
11. *Кочкодан О. Д., Романюк В. А.* Экологическая составляющая воспитания студентов при изучении естественных дисциплин // Педагогически инновации-2017. Материалы международной научно-практической интернет-конференции. — Витебск: Витебский государственный университет им. П. М. Машерова, 2017. — С. 184-186. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=30073176 (Дата обращения: 14.07.2021 г.).
12. *Лаворко П. К.* Пособие мастеру цеха гальванических покрытий. — М.: Машиностроение, 1969. — 272 с.
13. *Ломакина Е. А., Алыщев Ю. В.* Экологическое воспитание студентов в России // Научный электронный журнал «Меридиан». — 2020, № 17 (51). — С. 1-3.
14. *Мельницкая Г. А., Кирсанова Э. Л.* Использование метода проектно-исследовательской деятельности для экологического воспитания студентов // В сборнике: Экологическая безопасность и охрана природной среды. Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» Уфимского государственного университета экономики и сервиса, 2014. — С. 117-119. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=27454078 (Дата обращения: 12.07.2021 г.).
15. *Неклюдова В. В.* Научно-исследовательская работа студентов как метод экологического воспитания // Проблемы современного педагогического образования. — 2017, № 55-9. — С. 135-141. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29847489 (Дата обращения: 12.07.2021 г.).

16. *Никандрова Л. И., Герасимова Н. И., Иванова Л. В. и др.* Анализ электролитов и растворов. — Л.: Госхимиздат, 1963. — 312 с.
17. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г. Гарант. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://base.garant.ru/70169264/#friends (Дата обращения: 12.07.2021 г.).
18. План мероприятий по реализации в 2021-2025 годах Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 ноября 2020 г. № 2945-р). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/LkiAgAELFrlG0oAFgKCjKdAWdi6jbZU5.pdf (Дата обращения: 12.07.2021 г.).
19. *Солодкова Л. Н., Кудрявцев В. Н.* Электролитическое хромирование. — М.: Глобус, 2007. — 191 с.
20. *Черкез М. Б.* Хромирование и железнение. — Л.: Машиностроение, 1971. — 112 с.
21. *Щепетова Е. А.* Перспективы использования ситуационных задач в экологическом воспитании студентов технических вузов // Сборники конференций НИЦ Социосфера. — Пенза: ПГУАС, 2014. — С. 50-62. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=21459263 (Дата обращения: 15.07.2021 г.).
22. *Юдин А. Н.* Педагогические аспекты формирования и воспитания экологической культуры студентов // Вестник ОГПУ. — 2005, № 2 (40). — С. 127- 129. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=18939601 (Дата обращения: 12.07.2021 г.).
23. *Ямпольский А. М., Ильин В. А.* Краткий справочник гальванотехника. — Л.: Машиностроение, 1981. — 269 с.