

# ЧЕРНЫЕ металлы



Совместное издание · № 3 (1047), 2019

stahl  
und  
eisen

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал  
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения



# Черные металлы

Издательский  
дом  
«Руда  
и Металлы»



Немецкое издание: № 10, октябрь 2018  
Русское издание: март 2019

stahl  
und  
eisen

Издается с 1961 г.  
(№ 1047)

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал  
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения

## Учредители:

АО «Издательский дом  
«Руда и Металлы»

ФГАОУ ВО «Национальный  
исследовательский технологический  
университет «МИСиС»

ФГБОУ ВО «Магнитогорский  
государственный технический  
университет им. Г. И. Носова»

## При участии:

ПАО «ММК»  
ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК»  
Государственного Эрмитажа

Официальный информационный орган  
Федерального УМО  
«Технологии материалов»

## Редакционный совет:

Председатель редакционного совета: О. Н. Сосковец  
Главный редактор: В. М. Колокольцев  
Первый зам. главного редактора: К. Л. Косырев  
Зам. главного редактора: А. Г. Воробьев, Е. В. Цирульников  
А. М. Беленький, В. Блек (Германия), О. И. Борискин,  
Р. М. Валеев, Е. П. Волюнкина, А. В. Выдрин, С. П. Галкин,  
Я. М. Гордон (Канада), В. Я. Дашевский, Д. Г. Еланский,  
Н. А. Зюбан, В. П. Иващенко, И. Е. Илларионов, Л. М. Капуткина,  
А. А. Казаков, А. П. Коликов, А. Г. Корчунов, А. В. Кушнарев,  
И. О. Леушин, И. П. Мазур, Ю. Ю. Пиотровский, А. Н. Савенок,  
А. Я. Стомахин, И. А. Султангузин, С. С. Ткаченко, А. Я. Травянов,  
Н. А. Чиченев, М. В. Чукин, П. Шеллер (Германия),  
А. А. Юсупходжаев

## Редакция:

Зам. главного редактора: Е. В. Цирульников  
Ответственный секретарь: Е. Ю. Рахманова  
Набор: Л. М. Чичерина  
Перевод: А. Л. Алексашин, И. В. Леушина, Ю. А. Платонов,  
В. А. Цирульников, К. В. Чапковская, Т. Е. Щербакова  
Ответственный за предпечатную  
подготовку издания: Д. И. Воробьева

Russische Ausgabe der Zeitschrift «Stahl und Eisen». Zeitschrift für Technik und Wissenschaft der Herstellung und Verarbeitung von Eisen und Stahl. Herausgegeben von Verein Deutscher Eisenhüttenleute. Hans Jürgen Kerkhoff Präsident Wirtschaftsvereinigung Stahl, Vorsitzender Stahlinstitut VDEh. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Carl-Dieter Wuppermann Geschäftsführendes Vorstandsmitglied Stahlinstitut VDEh. © 2019 Maenken Kommunikation GmbH. Von-der-Wettern-Strasse 25, 51149, Köln, Germany.

Русский перевод журнала «Шталь унд Айзен» по проблемам черной металлургии (производство и обработка черных металлов), издаваемого Обществом немецких металлургов. Х. Ю. Керкхофф, президент Экономического объединения «Сталь», председатель Института стали Общества немецких металлургов. Докт.-инж., дипл. инж.-экон. К.-Д. Вупперман, руковод. член правления Института стали Общества немецких металлургов. © 2019 Maenken Kommunikation GmbH. Von-der-Wettern-Strasse 25, 51149, Кёльн, Германия.

Издатель – АО «Издательский дом «Руда и Металлы»  
Адрес издателя: 119049, Москва, Ленинский просп., 6,  
стр. 2, МИСиС, оф. 622

### Адрес редакции:

• фактический: 119049, Москва, Ленинский проспект 6,  
стр. 2, МИСиС, оф. 619  
• почтовый: 119049, Москва, а/я № 71  
Телефон/факс: (495) 955-01-75  
Эл. почта: chermet@rudmet.ru, tsirulnikov@rudmet.ru

www.rudmet.ru

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал  
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения  
«Черные металлы» № 3 (1047) март 2019 г.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере  
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Свидетельство ПИ № ФС77-48681 от 28.02.2012 г.)

Товарный знак и название «Черные металлы» являются исключительной  
собственностью Издательского дома «Руда и Металлы»

Отпечатано с предоставленных готовых файлов  
в типографии «Канцлер»  
150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16. стр. 66А.  
Тел. (4852) 58-76-33.

Выход из печати 29.03.2019. Формат 60×90/8.

Печ. л. 11. Офсетная печать. Бумага офсетная.

Тираж 1000 экз. Цена свободная

За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель  
За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор  
Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения редакции  
При перепечатке ссылка на «Черные металлы» обязательна  
«Реклама» – материал публикуется на правах рекламы  
Публикуемые материалы не обязательно отражают точку зрения редакции  
и редсовета журнала

Подписные индексы:

92650 («Роспечать»)

12985 («Пресса России»)

ISSN 0132-0890



9 770132 089006 >

## СОДЕРЖАНИЕ

### К 85-летию Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова

*В. М. Колокольцев, В. П. Соловьев, Г. А. Перескокова.* Металлургия в XXI веке: проблемы, кадровые перспективы ..... 6

#### Производство чугуна

*Х. Б. Люнген, П. Шмёле.* Сравнение рабочих характеристик доменных печей в мире ..... 13

*П. И. Черноусов, С. Н. Серегин, О. В. Голубев.* Обзор и анализ современных методик изучения полноты сгорания ПУТ в доменной печи ..... 19

#### Литейное производство и металловедение

*М. Ю. Чубуков, Д. В. Руцкий, Н. А. Зюбан, С. В. Рябошук.* Моделирование поведения затвердевающей корочки непрерывнолитой заготовки и выделения фазовых составляющих в сталях класса Х42-70 ..... 26

*В. Н. Шинкин.* Прямая и обратная нелинейная аппроксимация зоны упрочнения стали ..... 32

*Л. В. Костылева, Д. С. Гапич, В. А. Моторин, А. Е. Новиков.* Микроструктура и абразивная износостойкость тяжело нагруженных деталей чизельных плугов из высокопрочного чугуна ..... 37

#### Металлургия и автомобилестроение

*М. Нагель, Й. Дриссен, С. Ковач, О. Пудриц, А. Томиц, Х. Рацков, Х. Денеке-Арнольд.* Новые разработки в области высокопрочных микролегированных автомобильных сталей ..... 43

#### Аддитивные технологии

*П. В. Петровский, В. В. Чеверикин, П. Ю. Соколов, А. А. Давиденко.* Зависимость структуры и свойств стали 03Х16Н15М3 от геометрии ячеистых структур, полученных методом селективного лазерного плавления ..... 49

#### Цифровые технологии

*М. Й. Нойер, А. Эбель, Й. Бранденбургер, Я. Полцер, А. Вольф, М. Лоос, Н. Хольцкнехт, Х. Петерс.* Цифровые технологии в производстве стали ..... 54

*Р. Шустер, Н. Фойгт, Г. Натх, Н. Лув.* Возможности цифровых технологий по трансформации ценностных цепочек в металлургии и металлообработке ..... 59

#### Кадровая политика

*А. П. Жильцов, А. В. Бочаров, А. А. Харитоненко, А. Л. Челядина.* Повышение квалификации и переподготовка ремонтного персонала металлургических предприятий — теория и практика реализации ..... 63

*Н. М. Вострикова, Н. П. Безрукова, Е. Д. Кравцова.* Модернизация лабораторного химического практикума для будущих бакалавров-металлургов на основе информационно-деятельностного подхода ..... 70

*Д. Кудернач.* Повышение квалификации сотрудников на рабочем месте ..... 76

**Новости металлургии** ..... 80

Журнал «Черные металлы» по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по металлургии

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ 0,165 (2017)

Журнал «Черные металлы» включен в Международную базу данных Chemical Abstracts Service

Журнал «Черные металлы» включен в Международную базу данных Scopus, IV квартиль (2017)

Журнал «Черные металлы» входит в состав базы Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ХИМИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА ДЛЯ БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ-МЕТАЛЛУРГОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА

Н. М. ВОСТРИКОВА, Н. П. БЕЗРУКОВА, Е. Д. КРАВЦОВА\*

*Лабораторный практикум естественнонаучной дисциплины имеет большое значение в развитии исследовательской компетенции как важнейшей составляющей профессиональной компетентности современного бакалавра. В контексте значения информационно-коммуникационной технологии (ИКТ) в современном образовании цель исследования заключалась в модернизации практикума химических дисциплин, изучаемых будущими бакалаврами-металлургами на младших курсах, на основе информационно-деятельностного подхода. Структура лабораторного практикума, реализуемого на основе смешанного обучения, состоит из трех основных этапов, предполагающих последовательный переход от выполнения лабораторных работ по методическим указаниям к исследовательским лабораторным работам с профессиональным контекстом. При этом студенты для подготовки к лабораторной работе используют различные электронные образовательные ресурсы, размещенные в электронном обучающем курсе дисциплины в LMS. В рамках педагогического эксперимента использовали метод наблюдения за студентами, компонентный анализ знаний, сформированных умений, на основе которого рассчитывали коэффициенты системности знаний, полноты выполнения операций и др.*

*В соответствии с предлагаемой структурой практикума разработаны перечень и содержание лабораторных работ по химическим дисциплинам, изучаемым будущими бакалаврами-металлургами на младших курсах. Педагогический эксперимент показал, что значения коэффициентов системности знаний и полноты выполнения операций для экспериментальных групп оказались выше, чем для контрольной группы. Последовательное включение элементов исследовательской деятельности в лабораторный химический практикум, работа с информационными образовательными ресурсами в электронной компоненте информационно-деятельностной образовательной среды на разных стадиях выполнения лабораторной работы, в зависимости от ее характера, способствует развитию исследовательской компетенции бакалавров, развитию их мотивации к исследовательской деятельности.*

**Ключевые слова:** фундаментальная химическая подготовка, лабораторный химический практикум, исследовательская компетенция, мотивация к исследовательской деятельности.

### Введение

Кризис российской экономики на рубеже веков негативно отразился на металлургической отрасли, в том числе и на черной металлургии. Для решения ее насущных проблем необходимы компетентные специалисты, обладающие лидерскими качествами, отвечающие требованиям работодателя на современном рынке труда [1, 2], способные проектировать и внедрять инновационные разработки, обеспечивающие эффективное развитие отрасли. И это нашло отражение в новых образовательных стандартах: в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки

«Металлургия», научно-исследовательская деятельность наряду с проектной и производственной относится к основным видам деятельности, к которым должен быть готов бакалавр-металлург. Таким образом, фундаментальное инженерное образование должно обеспечивать формирование у бакалавра исследовательской компетенции, основой которой являются: способность к анализу и синтезу, умение работать с научной литературой, грамотно выбирать методы исследования, планировать и выполнять эксперимент, интерпретировать его результаты и делать выводы. Значимым фактором успешного выполнения научно-исследовательской деятельности бакалавра является его сформированное критическое мышление [3].

В развитии знаний и умений, аналитического, критического и других видов мышления, необходимых бакалавру для научно-исследовательской деятельности, особая роль принадлежит лабораторному практикуму. Так, лабораторный практикум химической дисциплины направлен на закрепление и углубление знаний химических теорий, умений применять их к реальным системам, на развитие навыков работы с химическими веществами, оборудованием, планирования и выполнения химического

\**Сибирский федеральный университет, Институт цветных металлов и материаловедения, Красноярск, Россия:*

*канд. техн. наук Н. М. Вострикова, доцент кафедры фундаментального естественнонаучного образования;*  
*канд. техн. наук Е. Д. Кравцова, доцент кафедры композиционных материалов и физикохимии металлургических процессов.*

*Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, Красноярск, Россия:*

*докт. пед. наук Н. П. Безрукова, профессор кафедры информационных технологий обучения и математики;*

*эл. почта: vnatali1959@mail.ru*

© Вострикова Н. М., Безрукова Н. П., Кравцова Е. Д., 2019

эксперимента, умения анализировать результаты, сопоставлять их с литературными данными и др.

В российских технических университетах в лабораторном практикуме дисциплины «Химия», которую бакалавры осваивают на первом курсе, часто используют так называемый полумикрометод. Студенты выполняют действия в пробирках с малым количеством реактивов по методическим указаниям, наблюдают и описывают полученный результат. Недостатком такой организации практикума является отсутствие связи с реальными лабораторными химическими операциями (фильтрованием, взвешиванием, определением рН при помощи рН-метра и др.). Кроме того, выполнение лабораторной работы по готовым указаниям не способствует развитию научного мышления студента.

Российские ученые, в том числе и авторы данной статьи, исследовали различные подходы к модернизации лабораторного химического практикума. Это и использование проектно-исследовательской технологии, виртуальных лабораторных работ [4], компьютерных тренажеров [5], использование творческих задач, для решения которых необходим микронаучный эксперимент, в том числе с использованием компьютера [6], применение контролирующих тестов при защите лабораторных работ [7] и др.

Стремительное развитие образовательных ИКТ и связанных с ними дистанционных технологий обусловило появление такого феномена, как электронное обучение (e-learning). Считается, что из трех его моделей наибольшим потенциалом в профессиональном образовании обладает смешанное обучение, предполагающее гибкое сочетание аудиторных занятий и работы обучающихся в электронной компоненте образовательной среды [8]. Что касается исследований за рубежом, применительно к обучению химическим дисциплинам широко исследовали возможности такой модели смешанного обучения, как «перевернутый класс», суть которой заключается в перестановке ключевых составляющих учебного процесса на основе активного использования электронной обучающей среды [9]. Особое внимание при этом уделяют проектированию электронных обучающих курсов (ЭОК) и организации учебного процесса. Применительно к лабораторному практикуму авторы большое внимание уделяют предварительной подготовке к лабораторной работе [10, 11]. В рамках модели «перевернутый класс» с этой целью готовят видеолекции, направленные на объяснение химических концепций, используемых в лабораторном курсе [12], методические указания для выполнения химического эксперимента, тестовые задания [11]. Используются виртуальные лаборатории, компьютерное моделирование процессов (для студентов старших курсов и аспирантов) [13], видеоматериалы, лабораторные видеoinструкции [9, 11, 14], компьютерные программы с видеофрагментами, демонстрирующими

технику выполнения эксперимента [14], самостоятельное составление студентами инструкции для выполнения практической работы [9].

Проведенный анализ информационных источников позволил сделать заключение, что проблему развития исследовательской компетенции будущих бакалавров-металлургов в рамках лабораторного химического практикума на младших курсах в условиях смешанного обучения нельзя считать решенной. Обсуждению накопленного авторами опыта решения указанной проблемы посвящена данная статья.

### Материалы и методы

Методологическим основанием исследования является информационно-деятельностный подход, сущностные положения которого заключаются в том, что при проектировании обучения с использованием компьютера необходимо учитывать психофизиологические особенности восприятия, переработки, хранения и воспроизведения информации человеком; в усилении деятельностного аспекта обучения посредством внедрения в систему подготовки педагогических технологий, обеспечивающих совместную учебную деятельность преподавателя и студентов с целью выведения их на уровень самоорганизации и самореализации в учебном процессе.

Модель смешанного обучения в лабораторном практикуме реализовывали на основе информационно-деятельностной образовательной среды (ИДОС) фундаментальной химической подготовки [15]. Основная идея модернизации практикума заключалась в создании условий в ИДОС для последовательного развития исследовательских умений через выполнение на начальном этапе лабораторных работ по методическим указаниям; на промежуточном этапе — проектных лабораторных работ с элементами исследования и на заключительном этапе — лабораторных работ с профессиональным контекстом. При этом студенты, в зависимости от типа лабораторной работы как на стадии подготовки, так и при выполнении химического эксперимента, обработки и оформления результатов используют электронные образовательные ресурсы, размещенные в обучающем курсе дисциплины в электронной системе управления обучением (LMS).

В педагогическом эксперименте участвовали студенты бакалавриата — будущие металлурги, обучающиеся на младших курсах Сибирского федерального университета в 2013/14 (контрольная группа), в 2015/16 и 2016/17 учебных годах (экспериментальные группы); объем совокупности выборки по каждому году обучения — 25 человек. Для оценки результативности модернизации лабораторного химического практикума на основе информационно-деятельностного подхода использовали метод наблюдения за студентами, компонентный анализ знаний и сформированных умений, на основе

которого рассчитывали коэффициенты системности знаний [15], полноты выполнения операций  $K_n$  [16] и успешности развития умения  $\gamma$ . Коэффициент системности знаний  $K_{\text{сис}}$  рассчитывали по формуле

$$K_{\text{сис}} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{lN}, \quad (1)$$

где  $l_i$  — число компонентов, усвоенных  $i$ -м обучаемым;  $l$  — общее число компонентов, подлежащих усвоению;  $N$  — число обучаемых. Значения  $K_n$  и  $\gamma$  рассчитывали по формулам

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{nN}, \quad (2)$$

где  $n_i$  — число операций, выполненных  $i$ -м обучаемым;  $n$  — максимальное число операций;  $N$  — общее число обучаемых;

$$\gamma = K_2/K_1, \quad (3)$$

где  $K_1$  — коэффициент полноты выполнения операций по первому срезу;  $K_2$  — коэффициент полноты выполнения операций по последнему срезу.

### Результаты и их обсуждение

Разработан лабораторный химический практикум, охватывающий дисциплины «Химия» и раздел «Химия металлов» дисциплины «Химия неорганических и органических соединений», структура и содержание которого приведены на рисунке.

На начальном этапе при изучении дисциплины «Химия» будущие бакалавры-металлурги актуализируют правила работы и технику безопасности в химической лаборатории. Здесь возможен следующий путь: студенты самостоятельно во внеаудиторное время работают с материалами, представленными в электронном обучающем курсе (ЭОК) «Химия», расположенном на платформе LMS Moodle, и успешное выполнение компьютерного теста служит допуском к лабораторному практикуму.

Для организации предварительной подготовки к лабораторной работе применяют виртуальные лабораторные работы, отражающие эксперимент, который будет выполняться студентами, программы-тренажеры, направленные, в том числе, на развитие

умений составлять уравнения реакций, протекающих в процессе химического эксперимента, и выполнять по ним расчеты количества вещества, массы, объема реагирующих веществ и продуктов реакции, расчеты, связанные с прогнозированием направления самопроизвольного протекания реакции, теплового эффекта реакции, выполнять необходимые расчеты для приготовления исходных реагентов и др. [5]. Например, при выполнении виртуальной лабораторной работы «Скорость химической реакции и химическое равновесие» бакалавры включаются в исследование влияния концентрации реагентов, температуры процесса, присутствия катализатора на скорость реакции, на химическое равновесие. При этом усваивается последовательность выполнения работы, алгоритм математической обработки результатов, представление их в графической форме. Бакалавры учатся формулировать выводы на основе основного закона химической кинетики, правила Вант-Гоффа и принципа Ле-Шателье. Сравнение результатов виртуального эксперимента с результатами, полученными при выполнении реальной лабораторной работы, способствует развитию у бакалавров навыков контроля и анализа своей деятельности. На этом этапе следует развивать у студентов умения выдвигать гипотезу согласно цели опыта, осознать методику эксперимента, правила техники безопасности при его выполнении, выполнять эксперимент, анализировать полученные результаты, используя теоретический материал, формулировать выводы, проверять правильность выдвинутой гипотезы.

На промежуточном этапе (см. рисунок) по мере освоения общих экспериментальных умений целесообразно включение в лабораторные работы элементов самостоятельного исследования. Например, в работе «Гидролиз солей» студентам предложено исследовать влияние различных факторов на процессы гидролиза соли уже без готовых методических рекомендаций и самостоятельно подобрать методики эксперимента.

При выполнении лабораторной работы «Свойства s, p-металлов и их соединений» студенты, разделившись на мини-группы (по числу опытов лабораторной работы), получают задание в рамках предаудиторной работы самостоятельно подобрать методики



Структура лабораторного химического практикума с последовательным введением в лабораторные работы (ЛР) исследовательского компонента

выполнения химического эксперимента в соответствии с целью опытов, сформулировать гипотезу. В процессе обсуждения результатов выполнения задания в аудитории уточняют непонятные моменты. Особое внимание обращают на технику безопасности при работе с активными металлами, концентрированными растворами кислот, щелочей. Затем мини-группы проводят химический эксперимент, фиксируют полученные результаты в лабораторных журналах, делают фотографии. Для поддержки высокого темпа работы студентов на данном этапе желательна присутствие ассистента. Далее, в рамках постаудиторной работы, студенты с использованием ИКТ выполняют обработку экспериментальных данных, оформляют отчеты и размещают их на веб-сайте ЭОК. Обязательной составляющей этого этапа является организация взаимооценки подготовленных отчетов, которая реализуется через форум ЭОК по разработанным преподавателем критериям, что также способствует развитию рефлексивных умений и критического мышления бакалавров [3].

На заключительном этапе практикума в соответствии с принципом профессиональной направленности в лабораторных работах целесообразно отражать профессиональный контекст. Например, в металлургической практике существует проблема извлечения ценных компонентов из вторичного сырья. В практикум раздела «Химия металлов» включена лабораторная работа исследовательского характера «Факторы, влияющие на растворимость металлов в растворах кислот». При ее выполнении студенты исследуют растворимость конкретного металла в растворах кислот в зависимости от их концентрации и температуры. При этом они самостоятельно составляют план исследования, подбирают методики эксперимента, рассчитывают концентрации исходных растворов кислот. На первом занятии после обсуждения методики выполнения химического эксперимента и выбора условий студенты готовят исходные растворы кислот. На втором занятии после выполнения эксперимента обсуждают способы обработки полученных результатов. Создается Google-документ, где каждый студент обрабатывает полученные им результаты и оформляет свою часть работы во внеаудиторное время. На третьем занятии каждая мини-группа защищает отчет по выполненному исследованию.

К заключительному этапу лабораторного практикума можно отнести и комплексную лабораторную работу междисциплинарного характера в контексте будущей профессиональной деятельности. Так, в 2015–2016 гг. авторами была организована лабораторная работа по выявлению оптимальных условий растворения латуни в азотно-серноокислых растворах. Решаемая в работе проблема отражает одну из профессиональных задач инженера-металлурга, связанных с переработкой вторичного сырья. Лабораторные

Таблица 1.  
Показатели качества усвоения темы «Общие свойства металлов»

Годы обучения	2013/14, контрольная группа	2015/16, экспериментальная группа	2016/17, экспериментальная группа
$K_{\text{сис}}$	0,63	0,74	0,80

работы такого типа развивают у студентов понимание необходимости системного подхода к изучению процессов химической технологии, так как включают теоретическое обоснование возможности протекания химической реакции на основе термодинамических расчетов; элементы математического планирования эксперимента, компьютерного моделирования; выбор оптимальной методики анализа; количественный химический анализ многокомпонентных растворов; оценку адекватности полученной модели. Решение такого комплекса задач доступно для студентов второго—третьего курса (в зависимости от профиля подготовки), после освоения дисциплин «Математическое моделирование» и «Физико-химические методы анализа».

На первом занятии лабораторной работы, рассчитанной на 8 ч, студенты в компьютерном классе проводят информационный поиск по доступным базам отечественных и зарубежных литературных источников патентов по решаемой проблеме, справочных данных; подбирают методики проведения эксперимента. В конце занятия подводят итоги, формулируют актуальность решаемой проблемы и составляют план работы. На втором занятии, используя методы математического моделирования, например на основе анализа уравнений растворения меди и цинка в растворе серной и азотной кислот, студенты выбирают факторы управляемых и независимых переменных (кислотность среды и концентрация нитрат-ионов), зависимой переменной (скорость растворения) при постоянных параметрах моделирования (объем раствора, температура, площади твердой фазы). Составляют план эксперимента и математическую модель процесса.

Далее студенты готовят исходные материалы и растворы реагентов; отрабатывают методику определения концентрации ионов меди и цинка. Одна из мини-групп в программе Mathcad строит кривые комплексонометрического титрования и определяет оптимальные условия (область рН) совместного количественного определения металлов в растворе. На следующих занятиях в ходе эксперимента студенты отбирают пробы, проводят их химический анализ. С использованием компьютера рассчитывают скорость растворения латуни в азотно-серноокислом растворе, обрабатывают экспериментальные данные с получением уравнений регрессии, связывающих скорость перехода меди и цинка в раствор с содержанием нитрат-ионов и протонов в растворе, строят графические зависимости при анализе

Таблица 2.  
Динамика развития умений бакалавров решать типовые расчетные задачи в процессе обучения химическим дисциплинам

Годы обучения	Начало изучения дисциплины «Химия»	K <sub>п</sub>			Коэффициент (γ) / уровень успешности развития умения
		Завершение обучения дисциплине (экзамен)			
		«Химия»	«Химия металлов»	Раздел «Химия металлов» дисциплины «Химия неорганических и органических соединений»	
2016–2017	0,48	0,75	–	0,79	1,65/Высокий
2015–2016	0,53	0,73	–	0,76	1,43/Высокий
2013–2014	0,58	0,62	0,66	–	1,14/Достаточный

полученных уравнений, оценивают значимость отдельных коэффициентов и адекватность полученной модели; рассчитывают погрешность отдельного анализа и погрешность эксперимента; формулируют выводы и рекомендации. По результатам выполнения данной лабораторной работы в 2015/16 учебном году студентами представлены три статьи на научно-техническую конференцию студентов, аспирантов и молодых ученых.

Результаты компонентного анализа знаний и умений студентов позволяют сделать заключение о результативности предлагаемого авторами подхода. Так, из данных, представленных в табл. 1, следует, что значение  $K_{\text{сис}}$ , рассчитанного по окончании изучения темы «Общие свойства металлов» раздела «Химия металлов», для студентов экспериментальных групп существенно выше по сравнению с контрольной группой, изучавшей тему традиционно в рамках дисциплины «Химия металлов» (в соответствии с предыдущим ФГОС).

В табл. 2 представлены результаты развития умений решать типовые расчетные задачи, которые оценивали при анализе контрольных работ/экзаменационных заданий. Из данных табл. 2 следует, что на завершающем этапе обучения для экспериментальных групп выявлен высокий уровень успешности развития этих умений. На этом этапе наблюдали высокую мотивацию студентов к выполнению химического эксперимента, высокий уровень самостоятельности при выполнении заданий. Интересны отзывы студентов после его завершения, которые отметили, что им было интересно самостоятельно выполнять эксперимент, они увидели, как можно использовать методы химии, математики в решении задач профессиональной деятельности, а также поняли значение методов математического моделирования подбора числа опытов, обработки экспериментальных данных и др.

### Заключение

Последовательное включение элементов исследовательской деятельности в лабораторный химический практикум, насыщенность ИДОС различными электронными образовательными ресурсами (виртуальные лаборатории, программы-тренажеры, программы для обработки результатов эксперимента и их визуализации и др.) для поддержки этой деятельности, организация выполнения лабораторных работ индивидуально и в мини-группах

обеспечивают развитие исследовательской компетенции бакалавров, способствуют повышению их мотивации к исследованиям. Выступления студентов на конференциях демонстрируют понимание ими структуры выполненных исследований, умений формулировать обоснованные выводы и публично их защищать. Все это позволяет сделать вывод об эффективности информационно-деятельностного подхода к модернизации лабораторного практикума химических дисциплин, изучаемых будущими бакалаврами-металлургами на младших курсах. ■

### Библиографический список

1. *Netkachev A. V., Plakhotin I. S., Soloviyev S. V., Shimov V. V.* A new approach to training of designers at the industrial enterprise // CIS Iron and Steel Review. 2015. Vol. 10. P. 40–43. DOI: 10.17580/cisirs.2015.01.07
2. *Колокольцев В. М., Павлов С. Н.* Роль имиджа вуза в подготовке специалистов для предприятий и бизнеса, обладающих лидерскими качествами управленца // Черные металлы. 2018. № 5. С. 54–60.
3. *Bezrukova N. P., Vostrikova N. M.* Approach to the formation of chemistry educational texts for development of the critical thinking in students // Proceedings of 4th International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts, SGMEM 2017, 24–30 August, 2017, Albena, Bulgaria, Book 3, Vol. IV. P. 35–42. DOI: 10.5593/sgemsocial2017/34/513.005
4. *Кольцова Э. М., Суплатова Е. А., Филиппова Е. Б.* Особенности разработки виртуального лабораторного практикума по неорганической химии // Информационные ресурсы России. 2015. № 3. С. 33–36.
5. *Вострикова Н. М., Безрукова Н. П.* Компьютерные тренажеры в организации самостоятельной работы студентов при изучении химических дисциплин // Химическая технология. 2009. Т. 10. № 10. С. 635–639.
6. *Григорьева О. С., Вдовина С. В., Сайфуллин Р. С.* Решение творческих заданий с применением микронаучного эксперимента как способ повышения качества общехимической подготовки в технологическом вузе // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 4(15). С. 235–237.
7. *Гаврилова Н. Н.* Разработка контролирующих тестов для контроля знаний студентов по коллоидной химии при защите лабораторных работ // Успехи в химии и химической технологии. 2012. № 10. С. 19–23.
8. *Вострикова Н. М.* Возможности модели смешанного обучения в химической подготовке будущих бакалавров металлургического направления // Открытое и дистанционное образование. 2018. № 1(69). С. 5–11. DOI: 10.17223/16095944/69/1
9. *Seery M. K.* Flipped learning in higher education chemistry: emerging trends and potential directions // Chemistry Education Research and Practice. 2015. Vol. 16, Iss. 4. P. 758–768. DOI: 10.1039/C5RP00136F
10. *Agustian H. Y., Seery M. K.* Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: a proposed framework for their design // Chemistry Education Research and Practice. 2017. Vol. 18, Iss. 4. P. 518–532. DOI: 10.1039/C7RP00140A
11. *Teo T. W., Tan K. C. D., Yan Y. K., Teo Y. C., Yeo L. W.* How flip teaching supports undergraduate chemistry laboratory learning // Chemistry Education Research and Practice. 2014. Vol. 15, Iss. 4. P. 550–567. DOI: 10.1039/C4RP00003J

12. Schmidt-McCormack J. A., Muniz M. N., Keuter E. C., Shaw S. K., Cole R. S. Design and Implementation of Instructional Videos for Upper-Division Undergraduate Laboratory Courses // *Chemistry Education Research and Practice*. 2017. Vol. 18. P. 749–762. DOI: 10.1039/C7RP00078B
13. Abdulwahed M., Nagy Z. K. The TriLab, a novel ICT-based triple access mode laboratory education model // *Computers & Education*. 2011. Vol. 56, Iss. 1. P. 262–274. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.07.023
14. Burewicz A., Miranowicz N. Effectiveness of multimedia laboratory instruction // *Chemistry Education Research and Practice*. 2006. Vol. 7, Iss. 1. P. 1–12. DOI: 10.1039/B4RP90006E
15. Усова А. В. Методология научных исследований : курс лекций. — Челябинск : Изд-во ЧГПУ, 2004. — 130 с.
16. Безрукова Н. П. Теория и практика модернизации обучения аналитической химии в педагогическом вузе: дис ... д-ра пед. наук. — Красноярск, 2006. С. 279–280.

“CHERNYE METALLY”, 2019, № 3, pp. 70–75

**MODERNIZATION OF A LABORATORY CHEMICAL WORKSHOP FOR FUTURE BACHELOR-METALLURGISTS ON THE BASIS OF AN INFORMATION-ACTIVITY APPROACH**

**N. M. Vostrikova**<sup>1</sup>, Cand. Eng., Associate Prof., Chair of Fundamental natural Scientific Education

**E. D. Kravtsova**<sup>1</sup>, Cand. Eng., Associate Prof., Chair of Composite Materials and Physico-Chemistry of Metallurgical Processes

**N. P. Bezrukova**<sup>2</sup>, Dr. Ped., Prof., Chair of Information Technologies in Education and Mathematics

<sup>1</sup>Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia)

<sup>2</sup>Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogic University (Krasnoyarsk, Russia)

E-mail: [vnatali1959@mail.ru](mailto:vnatali1959@mail.ru); [dagrievna@mail.ru](mailto:dagrievna@mail.ru); [bezrukova@mail.kspu.ru](mailto:bezrukova@mail.kspu.ru)

**Abstract:** Aim and objectives: Laboratory practical work of natural science discipline plays a significant role in the development of research competence as an important component of professional competence of the modern bachelor. In the context of the importance of ICT in modern education, the aim of the study was to modernize the laboratory chemical practicum for future bachelors of technical and technological areas in Junior courses with use of the information-and-activity-based approach.

Methodology and research methods: Previously, we have developed a model of information-and-activity-based educational environment of fundamental chemical training. The structure of the laboratory practicum, implemented in this environment on the base of blended learning, consists of three main stages, involving a gradual transition from the performance of laboratory work on the guidelines to research laboratory work with a professional context. Depending on the nature of the laboratory work, students use the electronic educational resources allocated in the electronic training course of the chemical discipline in LMS. Within the framework of the pedagogical experiment, the method of observation of students, component analysis of knowledge, formed skills have been used, on the basis of which the coefficient of systematic knowledge, the coefficient of completeness of operations were calculated.

Results: In accordance with the proposed practicum structure a list and the content of laboratory works for the discipline «Chemistry» and the section «Chemistry of metals» of the discipline «Chemistry of organic and inorganic compounds» have been developed. The practicum was tested in the training of the bachelors – the future metallurgists of the Siberian Federal University. The values of the coefficient of system knowledge, the coefficient of completeness of operations for experimental groups were higher than for the control group.

Practical significance: Consistent inclusion of elements of research activities in the laboratory chemical practicum, the work of students in the electronic component of the information-and-activity-based educational environment at different stages of the laboratory work, depending on its type, contribute to the development of bachelor's research competence and to the development of their motivation for research activity. The conclusion about the effectiveness of modernization of the laboratory chemical practicum on the basis of information-and-activity-based approach has been made.

**Keywords:** fundamental chemical education, laboratory chemical practicum, research competence, motivation for research activities.

**References:**

1. Netkachev A. V., Plakhotin I. S., Solovyev S. V., Shimov V. V. A new approach to training of designers at the industrial enterprise. *CIS Iron and Steel Review*. 2015. Vol. 10. pp. 40–43. DOI: 10.17580/cisirs.2015.01.07

2. Kolokoltsev V. M., Pavlov S. N. The role of high school image in preparation of the specialists with leadership managing skills for industrial and business enterprises. *Chernye Metally*. 2018. No. 5. pp. 54–60.
3. Bezrukova N. P., Vostrikova N. M. Approach to the formation of chemistry educational texts for development of the critical thinking in students. *Proceedings of 4th International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts, SGEM 2017, 24-30 August, 2017, Albena, Bulgaria*, Book 3, Vol. IV. pp. 35–42. DOI: 10.5593/sgemsocial2017/34/S13.005
4. Koltsova E. M., Siplatova E. A., Filippova E. B. Features of development of the laboratory session on inorganic chemistry. *Informatsionnye resersy Rossii*. 2015. No. 3. pp. 33–36.
5. Vostrikova N. M., Bezrukova N. P. Computer simulator for organization of free work of students during study of disciplines in the field of chemistry. *Khimicheskaya tekhnologiya*. 2009. Vol. 10. No. 10. pp. 635–639.
6. Grigoreva O. S., Vdovina S. V., Sayfullina R. S. Solving intellectually demanding tasks using a microscientific experiment as a method to improve quality of general chemical training in a technological institute of higher education. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2012. No. 4 (15). pp. 235–237.
7. Gavrilova N. N. Working out of supervising tests to control knowledge of students on colloidal chemistry during defense of laboratory works. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*. 2012. No. 10. pp. 19–23.
8. Вострикова Н. М. Capabilities of the model for mixed training in preparation in the field of chemistry of future bachelors - metallurgists. *Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie*. 2018. No. 1 (69). pp. 5–11. DOI: 10.17223/16095944/69/1
9. Seery M. K. Flipped learning in higher education chemistry: emerging trends and potential directions. *Chemistry Education Research and Practice*. 2015. Vol. 16, Iss. 4. pp. 758–768. DOI: 10.1039/C5RP00136F
10. Agustian H. Y., Seery M. K. Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: a proposed framework for their design. *Chemistry Education Research and Practice*. 2017. Vol. 18, Iss. 4. pp. 518–532. DOI: 10.1039/C7RP00140A
11. Teo T. W., Tan K. C. D., Yan Y. K., Teo Y. C., Yeo L. W. How flip teaching supports undergraduate chemistry laboratory learning. *Chemistry Education Research and Practice*. 2014. Vol. 15, Iss. 4. P. 550–567. DOI: 10.1039/C4RP00003J
12. Schmidt-McCormack J. A., Muniz M. N., Keuter E. C., Shaw S. K., Cole R. S. Design and Implementation of Instructional Videos for Upper-Division Undergraduate Laboratory Courses. *Chemistry Education Research and Practice*. 2017. Vol. 18. pp. 749–762. DOI: 10.1039/C7RP00078B
13. Abdulwahed M., Nagy Z. K. The TriLab, a novel ICT-based triple access mode laboratory education model. *Computers & Education*. 2011. Vol. 56, Iss. 1. pp. 262–274. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.07.023
14. Burewicz A., Miranowicz N. Effectiveness of multimedia laboratory instruction. *Chemistry Education Research and Practice*. 2006. Vol. 7, Iss. 1. pp. 1–12. DOI: 10.1039/B4RP90006E
15. Усова А. В. Methodology of scientific research: course of lectures. Chelyabinsk: Izdatelstvo ChGPU, 2004. 130 p.
16. Bezrukova N. P. The theory and practice of modernization of training in analytical chemistry in a pedagogical institute of higher education: Dissertation ... of Doctor of Educational Science. Krasnoyarsk, 2006. pp. 279–280.