

УДК 373.545:[54+57]

ББК 74.262.0

## ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО УЧЕБНО-НАУЧНОГО ЦЕНТРА МГУ

А. А. Астахова, А. П. Дегтярева, О. В. Колясников,  
Е. А. Менделеева, Н. И. Морозова, М. Г. Сергеева, А. С. Сигеев

**Аннотация.** Исследовательская деятельность обучающихся химико-биологического отделения Специализированного учебно-научного центра (СУНЦ) МГУ системно развивается более десяти лет. Деятельность базируется на поддержке со стороны педагогического коллектива кафедр химии и биологии СУНЦ МГУ, а также на прочных связях с факультетами МГУ и научно-исследовательскими организациями. Обучающиеся проходят полный цикл выполнения исследовательской работы, от выбора темы до защиты работы. Авторы лучших работ получают возможность публикации и представления работы на конференциях. Высокий уровень выполнения работ подтверждается успешными результатами выступления обучающихся на конкурсах проектных и исследовательских работ. Как показывает проведенный нами анализ публикационной активности выпускников в библиографической системе ИСТИНА, опыт исследовательской деятельности в средней школе упрощает последующее подключение к научной деятельности во время обучения в МГУ.

**Ключевые слова:** исследовательская деятельность, взаимодействие «школа – вуз», публикационная активность, ранний старт в науку.

## ORGANIZATION OF RESEARCH ACTIVITY OF HIGH SCHOOL STUDENTS AT CHEMISTRY AND BIOLOGY DEPARTMENT OF THE ADVANCED EDUCATIONAL SCIENTIFIC CENTER MSU

A. A. Astakhova, A. P. Degtyareva, O. V. Koliashnikov,  
E. A. Mendeleeva, N. I. Morozova, M. G. Sergeeva, A. S. Sigeev

**Abstract.** Research activity of high school students of chemistry and biology department of the Advanced Educational Scientific Center (AESC) MSU has been regularly developing for more than ten years. The activity is based on the support of teachers of departments of chemistry and biology, and on the interaction with the MSU faculties and research institutes. The students perform the full cycle of research work beginning from the choice of topic to the defense of the course paper. The authors of the best researches have a possibility to publish it and to present it at the conferences. A high level of the research work is confirmed by successful results of students' performance at scientific conferences. As our monitoring of publication activity of AESC alumni in ISTINA bibliographic system shows, the experience of research activity at the level of high school simplifies the consequent participation in research work during the study in MSU.

**Keywords:** research work, interaction of schools and universities, publication activity, early start into the science.

### Введение

Проектная и исследовательская деятельность в современном образовании в области естественных наук играет значительную роль в мотивации обучающихся, а также в подготовке их к последующей профессиональной практике. Современные ФГОС СОО [1] требуют выполнения каждым обучающимся за время обучения на ступени среднего общего образования индивидуального проекта или учебного исследования. Более чем десятилетний опыт Специализированного учебно-научного центра (СУНЦ) МГУ позволяет сделать некоторые обобщения о том, как может быть устроена система выполнения исследовательских работ в области естественных наук.

### Исторический обзор

СУНЦ МГУ изначально является физико-математической школой-интернатом, созданной академиком А. Н. Колмогоровым более полувека назад. Математическое творчество было заложено в программу интерната с первых лет существования, и до сих пор культивируется на кафедре математики [2]. Проектные и исследовательские работы по физике активно развиваются в рамках STEM-образования на базе Лаборатории Научного Творчества (ЛАНАТ<sup>1</sup>). Темой настоящего рассмотрения является организация исследовательской деятельности по химии и биологии в СУНЦ МГУ.

Нельзя сказать, что наш опыт является чем-то уникальным в образовательном пространстве г. Москвы. Теория и методика исследовательской деятельности учащихся к настоящему моменту в достаточной степени описана [3–5]. Огромные практические наработки по выполнению исследовательских работ в области химии имеют Московский Химический лицей, ДНТТМ, Школа № 192, по биологии – Лицей № 1553 им. В. И. Вернадского, Школа № 1543, Школа «Интеллектуал» и многие другие.

Выполнение регулярных исследовательских работ на химико-биологическом отделении СУНЦ МГУ началось с создания в 2003 г. биологического класса. Выполнение исследовательских работ изначально было включено в их учебный план. Так исторически сложилось,

что большинство работ выполнялись под руководством преподавателей кафедры химии СУНЦ МГУ и защищались на заседаниях этой кафедры. Лучшие работы регулярно представлялись на студенческой конференции «Ломоносов», юношеских чтениях им. В. И. Вернадского, на Балтийском научно-техническом конкурсе и Колмогоровских чтениях.

К окончанию «нулевых» годов проектная и исследовательская деятельность учащихся стала внедряться в учебную практику на уровне общего образования повсеместно. С осени 2011–2012 гг. появилась возможность установить контакты по вопросам организации исследовательских работ учащихся СУНЦ с внешними научно-исследовательскими организациями. Были подписаны договоры о научно-методическом сотрудничестве с ИНЭОС им. А. Н. Несмеянова РАН, НИФХИ им. Л. Я. Карпова, ИНХС им. А. В. Топчиева РАН, факультетом почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова. Также удалось привлечь в качестве базы для выполнения исследовательских работ факультет биоинформатики и биоинженерии МГУ, с которого в свое время началась история биологического класса. Доступ для работы в исследовательские лаборатории облегчается тем, что школьники СУНЦ имеют статус учащихся МГУ.

Вовлечение свежих сил и привлечение новых материальных ресурсов не могли не сказаться на среднем уровне работ. В последние годы победы и призовые места на школьных конкурсах и конференциях стали регулярными, активировалась публикационная деятельность учащихся, многие учащиеся продолжают работу по тематике курсовых работ в студенчестве.

Появление на химико-биологическом отделении в 2015 г. второго биологического класса и увеличение общей численности учащихся биологического класса вкупе с подключением химического класса к системе выполнения исследовательских работ привели к резкому росту числа параллельно выполняемых исследовательских работ. Если на начальном этапе их число колебалось около 10 в год, то в 2016/17 учебном году количество работ перешагнуло планку в полсотни, и это еще не является пределом.

<sup>1</sup> <http://www.aesc.msu.ru/>

## Текущее состояние системы исследовательских работ в СУНЦ МГУ

### *Проблема выбора*

Большая часть школьников приходит в СУНЦ МГУ, не имея практического опыта выполнения проектных или исследовательских работ. Например, в 2016 г. лишь примерно 20% учащихся 10-го биологического класса имело подобный опыт. Представление учащихся о том, как работает наука, весьма расплывчато и базируется на устаревшем содержании учебников и не всегда корректных публикациях в СМИ. Поэтому работа со школьниками по подготовке к исследовательской деятельности начинается буквально с первых дней их пребывания в СУНЦ. Большую роль в пробуждении интереса школьников играют встречи с действующими учеными, экскурсии в научно-исследовательские организации, практические занятия в лабораториях МГУ. Теоретическая база методологии научного исследования закладывается на специальном курсе кафедры биологии.

За первый месяц формируется перечень возможных тем исследовательских работ по предложениям научно-исследовательских организаций и тем, обеспечиваемых преподавателями СУНЦ. Контакты с каждой научно-исследовательской организацией, как правило, осуществляет представитель СУНЦ МГУ – куратор, призванный упростить взаимодействие научных руководителей с учащимися и оперативно решать возникающие проблемы. В каждый класс, вовлеченный в систему исследовательских работ, также назначается куратор, ответственный за организацию данной деятельности.

Обычно при выполнении работы в научно-исследовательских организациях предполагается подключение школьника к более масштабному научному исследованию. Научный руководитель и куратор оказывают ему помощь в проведении исследования, обсуждении результатов и их оформлении, в то же время учащийся сам выполняет эксперимент и представляет его результаты во взаимосвязи с общей тематикой научной группы. Этап выбора начинается с ознакомления учащихся со списком тем и их аннотациями. Однако сам по себе список недостаточен ни для мотивации к работе, ни для четкого понимания, с чем

учащимся предстоит работать. Заинтересованность в выполнении работы по конкретной теме возрастает по мере знакомства с общей тематикой. Как упоминалось выше, традиционно в сентябре – октябре организуются многочисленные экскурсии на факультеты МГУ и в НИИ, являющиеся нашими партнерами по исследовательским работам школьников, проводятся встречи с их представителями и потенциальными научными руководителями, иногда в школе организуются научно-популярные лекции по темам работ.

После этого учащиеся подают письменные заявки на выполнение той или иной темы с перечислением желаемых тем в порядке убывания. С первого захода это дает возможность определиться с темой работы для примерно 80% учащихся. Остальные же подают заявки по второму разу на темы, оставшиеся незанятыми. Небольшое количество учащихся, так и не определившихся с темами, получает их с помощью кураторов.

### *Написание обзора литературы*

Выбрав тему, школьник знакомится с ней глубже и пишет обзор литературы. Это короткое сочинение, включающее введение, цели и задачи планируемой работы, а также литературные данные, способствующие решению каждой задачи. Целью написания обзора литературы является знакомство с темой исследования и логичная формулировка актуальности работы и ее целей, что помогает грамотно спланировать задачи эксперимента и правильно его поставить. Не менее важным результатом является выработка у учащихся навыка самостоятельного написания небольших текстов в соответствии с требованиями, родственными таковым для курсовых работ, выполняемых на естественных факультетах МГУ [6; 7]. Кроме того, в ноябре – декабре учащиеся представляют собранный материал в виде небольшого доклада (3–5 мин) перед кураторами исследовательских работ. Таким образом, этот этап работы характеризуется следующим: а) обзор литературы создается в тесном взаимодействии со специалистом по описываемой проблеме; б) обзор литературы оценивается группой кураторов, имеющих опыт работы в сходных областях; в) по материалам обзора литературы

планируется выполнение практической работы. Из обзора литературы должна вытекать реализуемость задач исследования и тем самым возможность достижения цели работы.

Самостоятельность написания проверяется автоматически по системе «Антиплагиат»<sup>2</sup> с последующим ручным разбором возможных источников некорректно заимствованных фрагментов текста. По нашим данным невозможно априорно задать некоторый процент дословного копирования как допустимый предел, что влечет за собой необходимость гибкого реагирования на особенности группы в целом. Результаты автоматической проверки на плагиат в некоторой степени влияют на оценку за текст работы и доводятся до сведения учащихся.

По итогам рассмотрения текстов обзоров литературы мнения кураторов собираются и рассылаются учащимся с целью усовершенствования обзорной части до стадии защиты полной работы.

Оценивание докладов и текстов работ происходит коллегиально, чтобы по возможности исключить фактор субъективности мнений кураторов. Необъективность оценки на данной стадии может выражаться в понижении мотивации учащихся к выполнению экспериментальной части работы.

#### *Экспериментальная часть*

Как ранее отмечалось в исследованиях преподавателей СУНЦ [8], современная программа преподавания естественных наук на уровне среднего общего образования в значительной степени отстает от современного уровня их развития, а также почти не содержит информации о практических методах получения нового знания. Это приводит к тому, что выпускники российских (и не только российских) школ при неплохой теоретической подготовке существенно проигрывают выпускникам школ развитых стран (в качестве объекта сравнения был использован A-level школ Великобритании) в понимании особенностей практической реализации получения нового знания на современном уровне. Преодоление этого барьера особенно важно для реализации концепции «раннего старта в науку» выпускников СУНЦ МГУ.

Основное пожелание к экспериментальному этапу – это выполнение исследования руками школьников с последующей самостоятельной обработкой полученных данных и формулированием выводов из работы по каждой из задач, поставленных на этапе знакомства с темой и написания обзора литературы.

Требование самостоятельности порой вступает в противоречие с распространенной в научной деятельности практикой выполнения работы в коллаборации с другими членами научной группы. Разумеется, в данной ситуации не стоит доводить самостоятельность до абсурда и ожидать, что школьника допустят, например, к съемке масс-спектра или к получению изображений на электронном микроскопе, даже если он изъявляет готовность в сжатые сроки этому научиться. Но учащийся обязан иметь хотя бы приблизительное понятие о принципах, лежащих в основе всех используемых в работе методов, а также об интерпретации полученных результатов.

При планировании работы полезно понимать, что в ряде случаев невозможно предсказать время, необходимое для проведения исследования, даже при добросовестной и регулярной работе. Не всегда эксперимент подтверждает изначально выдвинутую гипотезу, иногда для учета полученных данных приходится ее переформулировать, что влечет изменение целей и задач работы. Частично компенсировать эту проблему позволяет гибкое расписание защит исследовательских работ, растягивающееся с начала апреля до середины мая. За это время практически все учащиеся, выполняющие работы в рамках системы, успевают довести исследование до логического конца.

#### *Защита исследовательской работы*

На защиту учащиеся выносят небольшое, но завершённое исследование, текст которого, кроме вышеописанной литературной части, содержит методику исследования, результаты и их обсуждение, выводы и список литературы, что в сумме составляет объем текста от 10 страниц. Как и обзорная часть, полная работа защищается на открытом заседании в виде доклада

<sup>2</sup> <http://www.antiplagiat.ru>

на 5–7 минут с последующими ответами на вопросы и обсуждением.

Целью кураторов на данном этапе является проверка понимания учащимся выполненного им эксперимента, а также отслеживание логики его рассуждений. Это выявляется в основном с помощью ответов на вопросы, что требует особого внимания к формулировке вопросов и анализу ответов на них.

Оценка доклада и текста в целом почти не отличаются от описанной ранее процедуры в отношении обзора литературы. Стоит лишь подчеркнуть, что при анализе полной работы уменьшается роль автоматического анализа в системе «Антиплагиат». Причиной этого является переработка обзора литературы после зимней защиты и добавление значительного по размеру блока результатов, обсуждения и выводов, который пишется самостоятельно. В итоге даже при одинаковом абсолютном объеме некорректных заимствований доля их падает в разы и в большинстве случаев почти неотличима от статистического разброса.

Скорректированные в соответствии с замечаниями аннотации работ помещаются на сайт СУНЦ МГУ [9] с целью, во-первых, послужить примером для последующих поколений учащихся, во-вторых, дать для внешнего наблюдателя информацию об уровне работ учащихся СУНЦ. В ряде случаев аннотации сопровождаются презентациями и полными текстами работ. Это может быть полезным как для привлечения талантливых школьников к обучению в СУНЦ, так и для укрепления репутации СУНЦ среди образовательных организаций.

#### *Представление исследовательских работ*

Примерно для половины школьников учебная исследовательская деятельность заканчивается на стадии защиты работы. Но вторая половина имеет достаточный потенциал для последующего развития работы и представления ее на конференциях, конкурсах и выставках.

Первой по срокам с момента защиты и главной для СУНЦ МГУ конференцией является Международная конференция школьников

Колмогоровские чтения<sup>3</sup>, традиционно проводимая на базе СУНЦ МГУ в начале мая. Там всем желающим учащимся СУНЦ МГУ дается возможность выступить с докладом перед международной аудиторией и сравнить свой уровень с работами гостей. Кроме формальной работы на секциях, участники конференции учатся в неформальном общении понимать людей с другим опытом образования и восприятия действительности, преодолевать языковой барьер, завязывать научные контакты с другими городами и странами. Нельзя не упомянуть помощь в организации конференции со стороны Клуба выпускников СУНЦ МГУ (или ФМШ № 18, по старому названию школы), осуществляющего на деле связь между поколениями.

Кроме Колмогоровских чтений, некоторые учащиеся из числа защитивших работу в первых рядах и не задействованных в олимпиадах получают возможность съездить на другие конференции, как правило, сходного же уровня. К ним относится, например, конференция «Научный потенциал»<sup>4</sup>, проводимая под Обнинском, или конференция «Интеллектуальное возрождение»<sup>5</sup>, проходящая в Санкт-Петербурге. Обычно выезды туда более чем успешны, что имеет важное мотивирующее значение для самооценки учащихся.

Каждое лето СУНЦ МГУ старается организовать выезд на выставку МИЛСЕТ (Mouvement International pour le Loisir Scientifique et Technique – MILSET)<sup>6</sup>. Это полностью неконкурсное мероприятие, участие в котором ближе по духу к научным конференциям, чем к конкурсам, что позволяет учащимся в неформальной обстановке проанализировать и опробовать лучшие способы подачи своей работы для неподготовленной аудитории, а также снимает психологический барьер при общении со сверстниками из других стран.

#### *Мероприятия в 11-м классе*

Время в 11-м классе очень сжато. За период обучения в последний школьный год надо успеть уделить внимание как успешной подготовке и сдаче школьных экзаменов, так и уча-

<sup>3</sup> <http://internat.msu.ru/educational-projects/turniry-i-konferentsii/kolmogorovskie-chteniya/>

<sup>4</sup> [http://future4you.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4849&Itemid=3082](http://future4you.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=4849&Itemid=3082)

<sup>5</sup> <http://iv.euspb.ru>

<sup>6</sup> <http://www.milset.org>

стию в олимпиадах, засчитываемых выбранным вузом, для успешного поступления. Тем не менее для немногих существует дополнительное направление развития – участие в конкурсах высокого уровня. К ним в первую очередь относятся конкурсы под эгидой корпорации Intel («Ученые будущего», «Юниор», Балтийский конкурс и, особенно в части химии, «Авангард»)<sup>7</sup>, а также конкурс им. В. И. Вернадского<sup>8</sup>. Перечисленные мероприятия имеют всероссийский характер, что подразумевает крайне жесткий отбор для участия в них, а также весьма серьезное отношение к определению победителей. Эти конкурсы можно случайно не выиграть, но на них нельзя случайно победить. Каждая работа-победительница содержит большой вклад со стороны как самого учащегося, так и его научного руководителя, а также куратора работы. Учащиеся СУНЦ МГУ имеют опыт побед на данных конкурсах с первых лет участия в них, и предыдущие достижения служат в качестве ориентира для последователей.

Конкурсы Intel, в свою очередь, служат оборочным этапом для участия в международных конференциях. За последние годы среди успехов учащихся химико-биологического отделения СУНЦ МГУ можно выделить серебряную медаль конкурса ICYS<sup>9</sup> в Турции А. Петрова (2015 г.), вторую премию конкурса IFSES<sup>10</sup> в Мексике М. Селифановой (2016 г.), первую и вторую премии конкурса BYSCC<sup>11</sup> в Китае Е. Вилковой и Ю. Беляевой (2017 г.).

Участие в конференциях высокого уровня, а также международных выставках служит мощным мотивирующим фактором для дальнейшего развития. Практически все участники этих мероприятий после поступления продолжают успешно заниматься наукой. Это отличает их от сопоставимых по интеллектуальному уровню победителей олимпиад, значительная часть которых, как это ни печально, при специализации в области естественных наук, здравоохранения и, в меньшей степени, физико-математических наук, уже на младших курсах теря-

ет интерес к учебе и не раскрывает своего потенциала в научной области [10, с. 19, 21].

#### Публикационная активность

Как упоминалось выше, первый опыт подготовки работы к публикации учащиеся получают еще на стадии доводки текста работы к помещению на сайт. Тем не менее, если мы хотим дать учащимся опыт публикации, мы должны научить их проходить через все стадии, начиная от подготовки черновика работы до финального исправления работы в соответствии с замечаниями соавторов работы и рецензентов.

В учебный план входит создание текста курсовой и защита на школьной конференции. Однако по желанию учащегося ему создается возможность дополнительного продвижения по данной линии индивидуального образования – написание научно-популярного текста, выступления на «взрослых» конференциях и публикации в научных журналах.

Публикации и презентации бывают разными. Очень важно понять, какая аудитория у того журнала, той конференции, где планируется сообщение о своих достижениях. В настоящее время приобрело особое значение умение рассказать о своей работе в научно-популярном стиле, доступном для понимания не только коллег по лаборатории, но и представителей других направлений. Чтобы тренировать этот ценный навык, мы использовали возможность публикации в дружественном журнале «Потенциал. Химия. Биология. Медицина». В сравнении с сухими текстами исследовательских работ, написанными в стиле, близком к научному, в журнале публикуются научно-популярные статьи, способные вызвать интерес у читателей и увлечь их в область самостоятельных исследований. Это требует существенной переработки подачи материала в сравнении с исходными текстами работ. Тем не менее ряд учащихся успешно прошли этот путь, и их курсовые заиграли новыми красками на страницах периодического издания [11–13].

<sup>7</sup> <http://www.intel.festivalnauki.ru/>; <http://www.junior-fair.org/>; <http://baltkonkurs.ru/>; <http://www.conference-avangard.ru>

<sup>8</sup> <http://vernadsky.info>

<sup>9</sup> <http://metal.elte.hu/~icys/>

<sup>10</sup> <http://ifsesforum.com>

<sup>11</sup> [http://www.ebast.net.cn/art/2017/4/5/art\\_8322\\_337067.html](http://www.ebast.net.cn/art/2017/4/5/art_8322_337067.html)

Альтернативный путь – это научная публикация наравне со взрослыми исследователями. Чтобы почувствовать этот уровень, весьма отличный от уровня обычных школьных конкурсов, СУНЦ поддерживает участие школьников в студенческих и аспирантских конференциях, и в первую очередь в конференции МГУ «Ломоносов»<sup>12</sup>. В 2008 г. учащаяся биокласса СУНЦ МГУ Д. Свистунова стала самой молодой за всю историю участницей данной конференции и была по этому поводу упомянута ректором МГУ в приветственной речи на открытии. В текущем 2016/17 учебном году в конференции Ломоносов участвовало 5 учащихся химико-биологического отделения СУНЦ МГУ.

Более сложный жанр – публикации в реферируемых научных журналах, включая англоязычные. На такое способны немногие учащиеся, но результат ободряет. Так, в 2016 г. в англоязычных реферируемых журналах опубликованы 2 работы недавних выпускников по материалам их курсовых [14; 15]. Как показывает опыт, более ранние статьи с соавторством наших учащихся имеют неплохую цитируемость [16; 17], что свидетельствует о высоком уровне данных работ. Конечно, статья в журнале – это работа всего коллектива научной группы, где выполнялось исследование, и не всегда учащийся может пройти самостоятельно весь путь написания статьи. Но само участие в этом процессе дает учащемуся неоценимый опыт и хорошую мотивацию для дальнейшей исследовательской работы.

#### «Ранний старт в науку»

Как показали наши недавние наблюдения [18], исследовательская деятельность как способ обеспечения «раннего старта в науку» имеет свой результат на выходе. Значительная часть выпускников химико-биологического отделения СУНЦ МГУ поступает на различные факультеты МГУ. Но что мы можем сказать об их деятельности как ученых?

Одной из важнейших характеристик ученого является его публикационная активность. Для ее отслеживания в МГУ функционирует библиографическая система ИСТИНА<sup>13</sup>, в которой содержатся данные о десятках тысяч сотрудни-

ков, аспирантов и студентов МГУ. С недавних пор обновление информации в системе ИСТИНА является обязательным, что улучшает своевременность ее пополнения и отражение ей реальной ситуации.

Нами был проведен анализ публикационной активности выпускников химико-биологического отделения 2005–2015 гг. Мы сделали выборку по десяткам выпускников, продолживших обучение в МГУ. В выборке были те, кто прошел через систему исследовательской деятельности, и те, кто за время обучения в СУНЦ не имел подобного опыта.

В качестве количественных показателей были учтены все работы выпускников в данной выборке, включая тезисы студенческих конференций.

Исследование показало, что выпускники, не имевшие в школе опыта исследовательской активности, «просыпаются» довольно долго, и пик по количеству публикаций у них приходился на 7-й год после поступления, что соответствует периоду обучения в аспирантуре. В то же время выпускники с опытом исследовательской деятельности за время обучения в СУНЦ МГУ имели четкий пик публикационной активности на уже 4-м году учебы на факультетах МГУ, что свидетельствует об их результативной работе в науке уже в студенчестве [19, с. 59–63].

Тем самым можно констатировать, что система исследовательских работ в СУНЦ МГУ позволяет достичь цели раннего старта в науку для выпускников. Развитие и расширение этой системы, ее принципиальная масштабируемость и возможность воспроизведения дает основания полагать, что наш опыт будет полезен в деле воспитания молодой смены для отечественной науки.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (10–11 кл.). – URL: <http://минобрнауки.рф/documents/2365> (дата обращения: 23.05.2017).
2. *Salnikov N. M., Semenov K. V. Mathematics in Kolmogorov's School // EMS Newsletter. – September, 2016. – No. 101. – P. 48–49.*

<sup>12</sup> <https://lomonosov-msu.ru/rus/event/4000/>

<sup>13</sup> <http://istina.msu.ru>

3. *Леонтович А., Саввичев А.* Исследовательская и проектная работа школьников. – М.: ВАКО, 2014. – 160 с.
4. *Калачихина О. Д.* Создание личностно-ориентированной образовательной среды на основе учебно-исследовательской деятельности учащихся // Исследовательская работа школьников. – 2007. – № 1. – С. 85–92.
5. *Сергеева М. Г.* История возникновения исследовательской деятельности учащихся как образовательной технологии // Потенциал. Химия. Биология. Медицина. – 2015. – № 8. – С. 2–10.
6. Рекомендации по написанию курсовой. – URL: <http://goo.gl/zDXWJ2>; (дата обращения: 23.05.2017).
7. Рекомендации по оформлению курсовой. – URL: <http://goo.gl/5Qk0Cu> (дата обращения: 23.05.2017).
8. *Колясников О. В., Коропченко А. А., Морозова Н. И.* Сравнительный анализ программ подготовки по химии в российских школах для одарённых детей и уровня A-level школ Великобритании // Освіта та розвиток обдарованої особистості. – 2013. – № 10. – С. 91–93.
9. Творческие/исследовательские/проектные работы учащихся химико-биологического отделения. Сайт СУНЦ МГУ. – URL: <http://internat.msu.ru/structure/chairs/kafedra-himii/tvorcheskie-issledovatel'skie-raboty-po-himii/> (дата обращения: 23.05.2017).
10. III Комплексное межвузовское исследование успеваемости студентов высших учебных заведений Российской Федерации. – М.: Российский Союз Ректоров. – 2011. – 29 с. – URL: <http://www.rsr-online.ru/doc/norm/527.pdf> (дата обращения: 23.05.2017).
11. *Селифанова М. В.* Биодegradация как метод решения экологических проблем: есть ли жизнь в серной кислоте? // Потенциал. Химия. Биология. Медицина. – 2015. – № 11. – С. 58–61.
12. *Ситдикова А. Р.* Демонстрационный эксперимент, иллюстрирующий явления хемилюминесценции и флуоресценции // Потенциал. Химия. Биология. Медицина. – 2015. – № 11. – С. 66–70.
13. *Шейнкман А. Л., Сигеев А. С.* ЛЕГО, застежка ожерелья, зеленая химия, Брюссель и все-все-все... // Потенциал. Химия. Биология. Медицина. – 2014. – № 7-8. – С. 51–60.
14. A novel Arg H52/Tyr H33 conservative motif in antibodies: A correlation between sequence of antibodies and antigen binding / A. Petrov, V. Arzhanik, G. Makarov, O. Koliashnikov // J. Bioinform. Comput. Biol. – 2016. – Vol. 14(4). – 1650019. – DOI: 10.1142/S0219720016500190.
15. Effect of the auxin polar transport inhibitor on the morphogenesis of leaves and generative structures during fasciation in Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. / E. A. Bykova, D. A. Chergintsev, T. A. Vlasova, V. V. Choob // Russian Journal of Developmental Biology. – 2016. – Vol. 47(4). – P. 207–215. – DOI: 10.1134/S1062360416040032.
16. Antibody CDR H3 modeling rules: extension for the case of absence of Arg H94 and Asp H101 / O. Koliashnikov, M. Kiral, V. Grigorenko, A. Egorov // J. Bioinform. Comput. Biol. – 2006. – Vol. 4 (2). – P. 415–424. – DOI: 10.1142/S0219720006001874.
17. Interaction of antibodies with aromatic ligands: the role of  $\pi$ -stacking / V. Arzhanik, D. Svistunova, O. Koliashnikov, A. Egorov // J. Bioinform. Comput. Biol. – 2010. – Vol. 8 (3). – P. 471–483. – DOI: 10.1142/S0219720010004835.
18. Ведение проектно-исследовательской деятельности как способ приблизить уровень обучения в средней школе к уровню современной науки / О. В. Колясников, А. С. Сигеев, М. Г. Сергеева, Н. И. Морозова // Актуальные проблемы естественно-научного образования школьников: материалы Межрегиональной науч.-практ. конференции «Современные подходы к преподаванию естественно-научных дисциплин с основами нанотехнологий и технопредпринимательства (основная школа)». – М.: МГПУ, 2016. – С. 132–138.
19. *Колясников О. В.* Сравнительное исследование эффективности формирования личностных образовательных результатов в традиционном обучении и при использовании метода исследовательской деятельности: дис. ... магистра псих.-пед. обр. – М.: МГППУ. – 2015. – 80 с.



REFERENCES

1. Federalnyy gosudarstvennyy obrazovatelnyy standart srednego obshchego obrazovaniya (10–11 kl.). Available at: <http://минобрнауки.рф/documents/2365> (accessed: 23.05.2017).
2. Salnikov N. M., Semenov K. V. Mathematics in Kolmogorov's School. *EMS Newsletter*. September, 2016, No. 101, pp. 48–49.
3. Leontovich A., Savvichev A. *Issledovatel'skaya i proektnaya rabota shkolnikov*. Moscow: VAKO, 2014. 160 p.
4. Kalachikhina O. D. Sozdanie lichnostno-orientirovannoy obrazovatelnoy sredy na osnove uchebno-issledovatel'skoy deyatel'nosti uchashchikhsya. *Issledovatel'skaya rabota shkolnikov*. – 2007, No. 1, pp. 85–92.
5. Sergeeva M. G. Istoriya vzniknoveniya issledovatel'skoy deyatel'nosti uchashchikhsya kak obrazovatelnoy tekhnologii. *Potentsial. Khimiya. Biologiya. Meditsina*. 2015, No. 8, pp. 2–10.
6. Rekomendatsii po napisaniyu kursovoy. Available at: <http://goo.gl/zDXWJ2> (accessed: 23.05.2017).
7. Rekomendatsii po oformleniyu kursovoy. Available at: <http://goo.gl/5Qk0Cu> (accessed: 23.05.2017).
8. Koliashnikov O. V., Koropchenko A. A., Morozova N. I. Sravnitel'nyy analiz programm podgotovki po khimii v rossiyskikh shkolakh dlya odarennykh detey i urovnya A-level shkol Velikobritanii. *Osvita ta rozvitok obdarovanoi osobistosti*. 2013, No. 10, pp. 91–93.
9. Tvorcheskie/issledovatel'skie/proektnye raboty uchashchikhsya khimiko-biologicheskogo otdeleniya. Sayt SUNTs MGU. Available at: <http://internat.msu.ru/structure/chairs/kafedra-himii/tvorcheskie-issledovatel'skie-raboty-po-himii/> (accessed: 23.05.2017).
10. III Kompleksnoe mezhvuzovskoe issledovanie uspevaemosti studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy Rossiyskoy Federatsii. Moscow: Rossiyskiy Soyuz Rektorov. 2011. 29 p. Available at: <http://www.rsr-online.ru/doc/norm/527.pdf> (accessed: 23.05.2017).
11. Selifanova M. V. Biodegradatsiya kak metod resheniya ekologicheskikh problem: est li zhizn v sernoy kislyote? *Potentsial. Khimiya. Biologiya. Meditsina*. 2015, No. 11, pp. 58–61.
12. Sitdikova A. R. Demonstratsionnyy eksperiment, illyustriruyushchiy yavleniya khemilyumines-tentsii i fluorestsentsii. *Potentsial. Khimiya. Biologiya. Meditsina*. 2015, No. 11, pp. 66–70.
13. Sheynkman A. L., Sigeev A. S. LEGO, zastezhka ozherelya, zelenaya khimiya, Bryussel i vse-vse-vse... *Potentsial. Khimiya. Biologiya. Meditsina*. 2014, No. 7-8, pp. 51–60.
14. Petrov A., Arzhanik V., Makarov G., Koliashnikov O. A novel Arg H52/Tyr H33 conservative motif in antibodies: A correlation between sequence of antibodies and antigen binding. *J. Bioinform. Comput. Biol.* 2016, Vol. 14(4), 1650019. DOI: 10.1142/S0219720016500190.
15. Bykova E. A., Chergintsev D. A., Vlasova T. A., Choob V. V. Effect of the auxin polar transport inhibitor on the morphogenesis of leaves and generative structures during fasciation in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2016, Vol. 47(4), pp. 207–215. DOI: 10.1134/S1062360416040032.
16. Koliashnikov O., Kiral M., Grigorenko V., Egorov A. Antibody CDR H3 modeling rules: extension for the case of absence of Arg H94 and Asp H101. *J. Bioinform. Comput. Biol.* 2006, Vol. 4 (2), pp. 415–424. DOI: 10.1142/S0219720006001874.
17. Arzhanik V., Svistunova D., Koliashnikov O., Egorov A. Interaction of antibodies with aromatic ligands: the role of  $\pi$ -stacking. *J. Bioinform. Comput. Biol.* 2010, Vol. 8 (3), pp. 471–483. DOI: 10.1142/S0219720010004835.
18. Koliashnikov O. V., Sigeev A. S., Sergeeva M. G., Morozova N. I. Vedenie proektno-issledovatel'skoy deyatel'nosti kak sposob priblizit uroven obucheniya v sredney shkole k urovnyu sovremennoy nauki. In: *Aktualnye problemy estestvenno-nauchnogo obrazovaniya shkolnikov. Proceedings of Interregional Scientific-Practical Conference "Sovremennye podkhody k prepodavaniyu estestvenno-nauchnykh distsiplin s osnovami nanotekhnologiy i tekhnopredprinimatel'stva (osnovnaya shkola)"*. Moscow: MGPU, 2016. Pp. 132–138.
19. Koliashnikov O. V. Sravnitel'noe issledovanie effektivnosti formirovaniya lichnostnykh obrazovatelnykh rezultatov v traditsionnom obuchenii i pri ispolzovanii metoda issledovatel'skoy deyatel'nosti. *Master's dissertation (Psychological and Pedagogical Education)*. Moscow: MGPPU. 2015. 80 p.