

Современное генетическое образование: насколько оно отвечает запросам студентов?

Научная статья

DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-22-3-124-139

Седых Татьяна Александровна – д-р биол. наук, доцент, и.о. зав. кафедрой генетики и химии, s_ta@inbox.ru

Амирова Людмила Александровна – д-р пед. наук, доцент, гл. науч. сотрудник Управления научной работы, ms.amirova@yandex.ru

Гайсина Лира Альбертовна – д-р биол. наук, проф. кафедры биоэкологии и биологического образования, lira.gaisina@mail.ru

Галикеева Гузель Фанилевна – канд. биол. наук, доцент кафедры генетики и химии, galikeevagf@yandex.ru

Фазлутдинова Альфия Ильсуровна – канд. биол. наук, доцент кафедры биоэкологии и биологического образования, alfi05@mail.ru

Суханова Наталья Викторовна – д-р биол. наук, доцент, зав. кафедрой биоэкологии и биологического образования, n_suhanova@mail.ru

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия
Адрес: 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Октябрьской революции, 3-а

***Аннотация.** Роль генетического знания в современном обществе неуклонно возрастает, что предъявляет новые требования к качеству подготовки специалистов-генетиков, а также учителей биологии, преподающих генетику в школе. В статье представлены результаты исследования соответствия качества генетического образования запросам студентов, проведённого в вузах Республики Башкортостан. Установлено, что несмотря на удовлетворённость большинства опрошенных студентов качеством генетического образования, были диагностированы трудности в понимании современных разделов генетики, недостаточная вовлечённость в научные исследования и эпизодическое использование современных онлайн-ресурсов. Кроме того, со стороны студентов был сформулирован запрос на освоение практических навыков в области генетических исследований. Полученные данные позволяют пересмотреть существующие методики преподавания генетики в вузах и провести поиск новых эффективных подходов для улучшения качества освоения генетических дисциплин.*

***Ключевые слова:** генетическое образование, генетические концепции, электронное обучение, массовые открытые онлайн-курсы, ДНК, ген, хромосома, аллель*

Для цитирования: Седых Т.А., Амирова Л.А., Гайсина Л.А., Галикеева Г.Ф., Фазлутдинова А.И., Суханова Н.В. Современное генетическое образование: насколько оно отвечает запросам студентов? // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 3. С. 124–139. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-22-3-124-139

Modern Genetic Education: How Does It Meet Students' Requests?

Original article

DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-22-3-124-139

Tatiana A. Sedykh – Dr. Sci. (Biological), Assoc. Prof., Acting Head of the Department of Genetics and Chemistry, s_ta@inbox.ru

Lyudmila A. Amirova – Dr. Sci. (Education), Assoc. Prof., Chief Researcher of the Department of Scientific Work, ms.amirova@yandex.ru

Lira A. Gaysina – Dr. Sci. (Biological), Assoc. Prof., the Department of Bioecology and Biological Education, lira.gaysina@mail.ru

Guzel F. Galikeeva – Cand. Sci. (Biological), Assoc. Prof., the Department of Genetics and Chemistry, galikeevagf@yandex.ru

Alfiya I. Fazludinova – Cand. Sci. (Biological), Assoc. Prof., the Department of Bioecology and Biological Education, alfi05@mail.ru

Natalia V. Sukhanova – Dr. Sci. (Biological), Assoc. Prof., Head of the Department of Bioecology and Biological Education, n_suhanova@mail.ru

Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia

Address: 3-a, Oktyabrskoi revolyutsii str., Ufa, 450008, Republic of Bashkortostan, Russian Federation

Abstract. The role of genetics in modern society is growing, which makes new demands on the quality of training specialists in this field. The article considers the results of the student survey carried out at universities of the Republic of Bashkortostan in November 2021 (N=209). The aim of the survey was an analysis of the correspondence of the quality of genetic education to the needs of students. It was found that despite the satisfaction of the majority of the surveyed students with the quality of genetic education, there are problems in understanding modern sections of genetics, such as molecular genetics, toxicological genetics, genomics. The students are not sufficiently involved in scientific research, most of them prefer the traditional forms of teaching and learning, only few of them are aware of modern online resources and MOOCs. The part of students is interested in the development of practical skills in the field of genetic research. The data obtained lead to the conclusion that it is necessary to revise the existing methods of teaching genetics in universities and search for new effective approaches to improve the quality of mastering genetic disciplines.

Keywords: genetic education, genetic concepts, genetic disciplines, e-learning, massive online courses, DNA, gene, chromosome, allele

Cite as: Sedykh, T.A., Amirova, L.A., Gaysina, L.A., Galikeeva, G.F., Fazludinova, A.I., Sukhanova, N.V. (2022). Modern Genetic Education: How Does It Meet Students Requests? *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 3, pp. 124-139, doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-3-124-139 (In Russ., abstract in Eng.).

Введение

Большое разнообразие подходов в организации высшего биологического и педагогического образования привело к необходимости поиска конкретных, дидактически обоснованных и выверенных путей подготовки биологов и учителей биологии к их будущей профессиональной деятельности. Современная ситуация в системе общего и профессионального образования показывает, что прилагаемые усилия (ранняя профориентация и профессионализация, открытие профильных химико-биологических, медико-биологических и психолого-педагогических классов, специализированная подготовка в старших классах общеобразовательной школы, профильные лагеря и прочее) не дают желаемого эффекта. Региональные и даже столичные вузы зачастую продолжают получать немотивированного на конкретную профессиональную деятельность, слабо подготовленного, неуверенного в своём выборе абитуриента. Цель настоящей работы – оценить удовлетворённость студентов вузов Республики Башкортостан качеством генетического образования и выявить их образовательные запросы.

Проблемы преподавания генетики как учебной дисциплины остаются предметом пристального внимания учёных с тех пор, как генетика «вернулась» из категории запретных областей знаний, и особенно в последние годы в связи с обновлением трендов научно-технологических инициатив развития страны. Без генетики и изучения её основ биологическая наука выглядит как «колосс на глиняных ногах», лишаясь фундаментальных оснований для объяснения основных биологических законов и их применения в практике. Генетика – интегрирующая дисциплина, пронизывающая все направления современной биологии [1].

Генетические концепции накапливались в биологии на протяжении всей истории её развития [2], однако зарождение генетики как науки связано с именем Г. Менделя, открывшего основные закономерности на-

следования признаков в 1865 г. [3]. В 1900 г. Л.Э. Корренс, Э. Чермак и Х. де Фриз опубликовали результаты изучения гибридизации, подтвердив данные Г. Менделя, после чего началось бурное развитие генетики, которая стала изучаться в университетах по всему миру [3]. За полтора столетия на основе генетических исследований возникли новые области знаний, позволяющие вести исследования и работать на молекулярном уровне, – молекулярная биология и геновая инженерия. Современные достижения и методы генетики обеспечили возможности для проведения изысканий в области жизнедеятельности организмов: например, с помощью индуцированных мутаций можно контролировать большинство известных физиологических процессов, прерывать процессы биосинтеза белков, изменять морфогенез, изучать различные наследственные, онкологические, сердечно-сосудистые, вирусные и бактериальные заболевания и пр. [4–7].

Развитие генетики в России драматично и отражает непростую историю этой науки. Как самостоятельная дисциплина она стала развиваться у нас в стране только в советский период [8]. Наиболее крупными фигурами в российской генетике были Н.И. Вавилов, С.Г. Навашин, Н.К. Кольцов, А.С. Серебровский, Ю.А. Филипченко, Г.Д. Карпеченко, Г.А. Левитский, Г.А. Надсон, Г.С. Филипов, Н.П. Дубинин, Б.Л. Астауров, И.А. Раппопорт, А.А. Прокофьева-Бельговская, Н.В. Тимофеев-Ресовский, Ф.Г. Добржанский, Б. Эфрусси, М.Е. Лобашев, В.В. Сахаров [9]. Длительный перерыв в преподавании генетики в университетах в 1930–1970 гг. XX в. связан с расцветом «лысенковщины», отбросившей отечественную биологию на несколько десятилетий назад [10; 11]. С 1960-х гг. XX в. генетика вновь стала изучаться в российских университетах, в частности в МГУ им. М.В. Ломоносова [1; 12], Санкт-Петербургском университете [6], Казанском университете [13], Новосибирском государственном университете [14] и других классических университетах. В 1999 г. кафедра

генетики была основана в Башкирском государственном педагогическом университете им. М. Акмуллы (БГПУ им. М. Акмуллы, тогда Башкирском государственном педагогическом институте). В настоящее время БГПУ им. М. Акмуллы является единственным педагогическим университетом России, осуществляющим подготовку биологов по профилю «Генетика». Следует отметить, что именно педагогические университеты готовят профессионалов, способных разрабатывать и реализовывать образовательные программы для любой возрастной категории по целому ряду дисциплин, в том числе и по биологическим [15].

В современном мире генетика имеет первостепенное значение практически во всех аспектах жизнедеятельности человека, включая различные научно-практические направления. Достижения генетики и генетических технологий успешно применяются в медицине, ветеринарии, криминалистике, микробиологии, вирусологии, отраслях сельского и лесного хозяйства и т.д. Генетика перспективна и привлекательна с точки зрения инвестиций. По оценкам мировых экспертов сайта forbes.ru, к 2027 г. объём инвестиций только в рынок технологии CRISPR-Cas9 по направленному редактированию генома достигнет 10 млрд долл., и это означает рабочие места и достойные зарплаты для работающих в данном направлении. Дети, которые сейчас обучаются в средней школе, достигнут совершеннолетия уже в новой генетической эпохе – с новыми услугами, профессиями и рабочими местами. Профессии будущего, появление которых прогнозируется к 2030 г., также связаны с генетическими технологиями и включают такие, как генетический консультант, IT-генетик, молекулярный диетолог и эксперт персонифицированной медицины.

Развитие отечественных генетических технологий относится к числу приоритетных направлений научно-технологического развития России. На решение данной задачи направлен Указ Президента Российской

Федерации от 28 ноября 2018 г. № 680 «О развитии генетических технологий в РФ» и Федеральная научно-технологическая программа генетических технологий на 2019–2027 гг.». Одним из пунктов в решении поставленной задачи является подготовка и переподготовка высококвалифицированных специалистов, включающая разработку новых образовательных программ, адаптацию и совершенствование существующих, а также привлечение талантливой и одарённой молодёжи к изучению генетики.

На фоне обозначенных задач генетическое и биологическое образование на современном этапе признано одним из стратегических векторов становления инновационной модели образования [15], поэтому к подготовке специалистов-генетиков предъявляются новые требования.

Генетические дисциплины стали шире по содержанию и преподаются с использованием новых методов обучения, основанных на исследованиях в области образования и построенные на принципах активного обучения и обратного проектирования [16]. Широко применяются интерактивные методы обучения [17]; успешно используется практическое обучение и расширяется спектр биологических объектов [18], постоянно изучаются новые подходы и совершенствуется методика преподавания генетики, а также повышается качество методических материалов [19; 20]; проводятся исследования по использованию математического моделирования, в том числе характеристик биномиального распределения для изучения генетического дрейфа [21]. Американским обществом генетики (GSA) разработаны интернет-ресурсы для преподавания генетики, которые включают «Mendelweb» и «Geneed». Организация регулярных краткосрочных учебных курсов рекомендована для пересмотра предписанного содержания курсов генетики, для разработки новых методов обучения, а также для подготовки учебных материалов для улучшения базы знаний учителей [22]. Преподавателям предоставляется

возможность совершенствовать свои практические навыки в области использования молекулярно-генетических методов [23].

Исследование удовлетворённости студентов качеством генетического образования

Как было отмечено в предыдущих исследованиях, генетика является сложной абстрактной дисциплиной [24], поэтому студенты испытывают сложности с её пониманием, а преподаватели – с её преподаванием [4–7; 18; 20; 22; 25–32].

В ноябре 2021 г. нами проведено анкетирование студентов с использованием сервиса Google Forms, целью которого являлась субъективная оценка и самооценка образовательного процесса по дисциплине «Генетика» студентами разных специальностей вузов Республики Башкортостан (РБ). Главные задачи исследования: мониторинг методического сопровождения обучения «Генетике» в условиях трансформации образования; исследование педагогических подходов для мотивации студентов к изучению современных генетических технологий. Работа включала четыре этапа: 1) подготовительный (разработка анкет); 2) сбор первичной информации (перенесение анкеты в онлайн-форму, выбор групп респондентов, непосредственное проведение анкетирования); 3) обработка собранной информации; 4) анализ результатов.

Экспертной группой, включающей представителей высшей школы: докторов и кандидатов наук, преподавателей биологии, генетики, педагогики, методики преподавания биологии, – разработаны анкеты, состоящие из двух блоков вопросов. Первый блок направлен на сбор первичных данных о респондентах (название вуза, в котором они обучаются, направление и профиль подготовки, курс). Второй блок содержит вопросы на выявление специфики организации учебного процесса, методического обеспечения и внеурочной деятельности по генетике. Всего разработано 11 вопросов разного типа: открытого со свободным ответом, закрытого с

выбором одного или нескольких ответов из списка, смешанные, когда есть варианты для выбора, и свободный ответ.

На втором этапе в качестве респондентов были выбраны студенты четырёх вузов РБ, изучавших дисциплину «Генетика». Выборочная совокупность включала студентов Башкирского государственного университета (16%), Башкирского государственного медицинского университета (11%), Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы (47%), Башкирского государственного аграрного университета (26%). Общее число респондентов в выборочной совокупности составило 209 человек. Это примерно 2% студентов медицинских, педагогических, сельскохозяйственных, биологических специальностей РБ, изучающих дисциплину или модуль «Генетика».

Распределение студентов по направлению подготовки, в рамках которого изучается дисциплина «Генетика»: «Биология» – 29%, «Педагогическое образование» – 34%, «Лесное дело» – 9%, «Зоотехния» – 9%, «Агрономия» – 8%, «Медицинская генетика» – 11%. Среди респондентов были обучающиеся по профилям «Генетика», «Биоэкология», «Общая биология», «География и биология», «Биология и химия», «Лесное дело», «Зоотехния», «Агрономия», «Клиническая генетика». Распределение респондентов по курсам: первый – 11%, второй – 33%, третий – 46%, четвёртый – 10%.

Обработка анкетных данных проводилась с использованием пакета Microsoft Excel. Анализ результатов проведённого опроса показал, что качество генетического образования во многом зависит от обеспеченности образовательного процесса ресурсами и его грамотного методического сопровождения. Большинство опрошенных студентов (70%) были удовлетворены уровнем преподавания генетических дисциплин (Рис. 1), что позволяет судить о высоком уровне подготовки профессорско-преподавательского состава вузов. 24% студентов затруднились ответить на этот вопрос и 6% отрицательно оценили



Рис. 1. Удовлетворённость студентов преподаванием генетических дисциплин
 Fig. 1. Student satisfaction with teaching genetic disciplines



Рис. 2. Ориентированность применяемых методов преподавания генетики на профессиональную деятельность выпускников
 Fig. 2. The orientation of the applied methods of teaching genetics to the professional activities of graduates

уровень преподавания генетических дисциплин. 48% студентов считают, что используемый в настоящее время способ преподавания генетики поможет им легко ориентироваться в области профессиональной деятельности (Рис. 2).

На выбор студентам были предложены несколько разделов генетики, которые оказались самыми сложными для восприятия (Рис. 3). Среди них наибольшие проблемы вызывают такие разделы, как молекулярная генетика (50,2%), токсикологическая гене-

тика (41,6%), геномика (42,6%), – современные, недавно внедрённые в образовательные программы разделы, по которым, возможно, ещё недостаточно разработаны учебные и методические материалы. Генетика и селекция (24,9%), экогенетика (30,6%) и общая генетика (20,6%) вызывали наименьшие проблемы при изучении.

Сходные тенденции наблюдались при исследовании качества преподавания генетики и в других странах. Так, при изучении мнения студентов относительно генетических

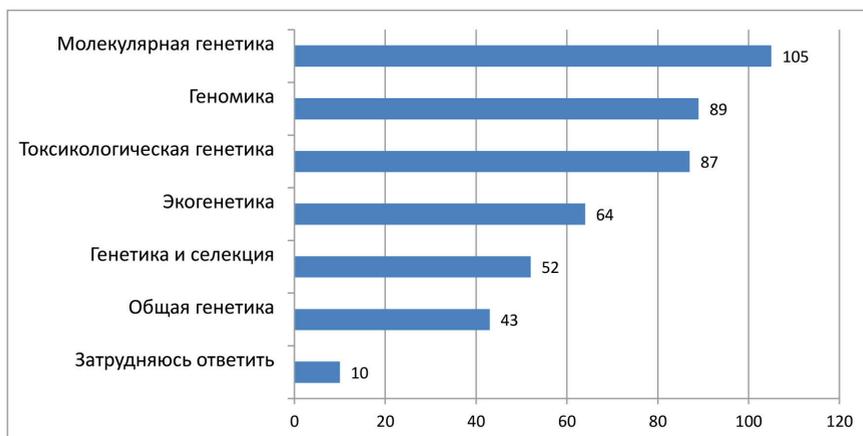


Рис. 3. Наиболее сложные для восприятия разделы генетики (число респондентов)
 Fig. 3. The most difficult sections of genetics to comprehend (number of respondents)

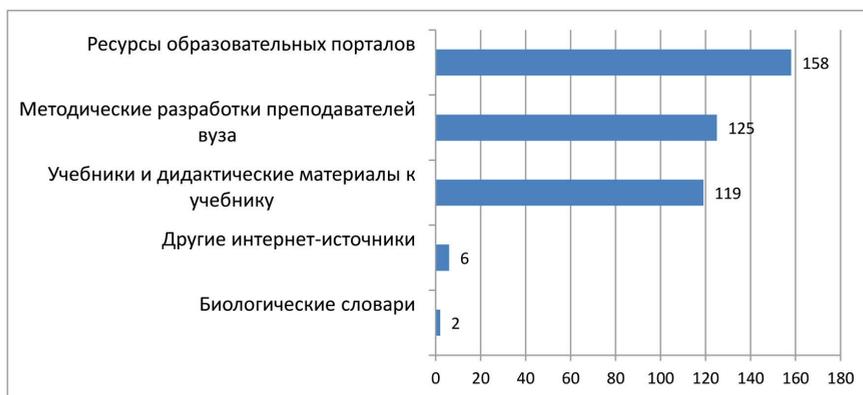


Рис. 4. Информационные источники, которыми пользуются студенты для подготовки к занятиям по генетике (число респондентов)

Fig. 4. Information sources used by students to prepare for classes in genetics (number of respondents)

концепций было установлено, что они имеют ошибочные взгляды на ДНК, хромосомы, гены и аллели [28]. Отмечается, что в случае существования у студентов заблуждений относительно основных генетических концепций вследствие устоявшихся стереотипов и низкого качества обучения в средней школе эти ошибочные знания с трудом поддаются коррекции при изучении генетики в вузе [33; 34]. Необходимость повышения качества преподавания генетики для улучшения понимания студентами генетических концепций отмечалась также в исследованиях израильских учёных [35].

По результатам проведённого нами опроса выяснилось, что для подготовки к занятиям студенты используют следующие источники: ресурсы образовательных порталов – 75,6%, учебники и дидактические материалы к учебнику – 56,9%, методические разработки преподавателей вуза – 59,8%, другие интернет-источники – 3%, биологические словари – 1% (Рис. 4).

В режиме дистанционного обучения большинство студентов (87,5%) используют электронные учебники (Рис. 5), 56,5% – мультимедиаресурсы (презентации, видеоролики и др.), 24,4% – анимационные

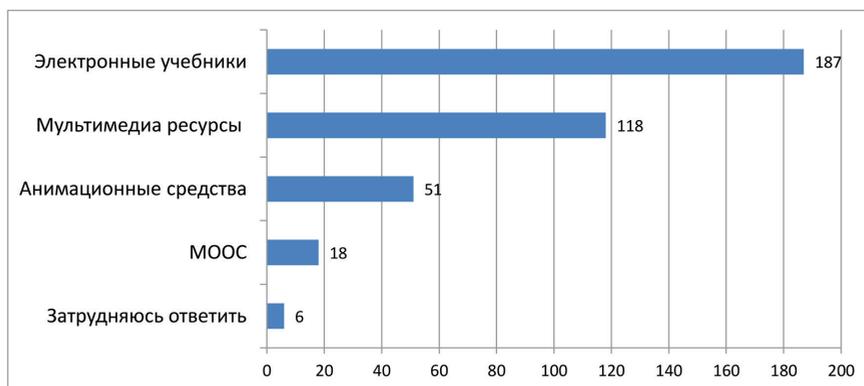


Рис. 5. Информационные ресурсы по генетике, которыми пользуются студенты в режиме дистанционного обучения (число респондентов)

Fig. 5. Information resources on genetics used by students in distance learning (number of respondents)

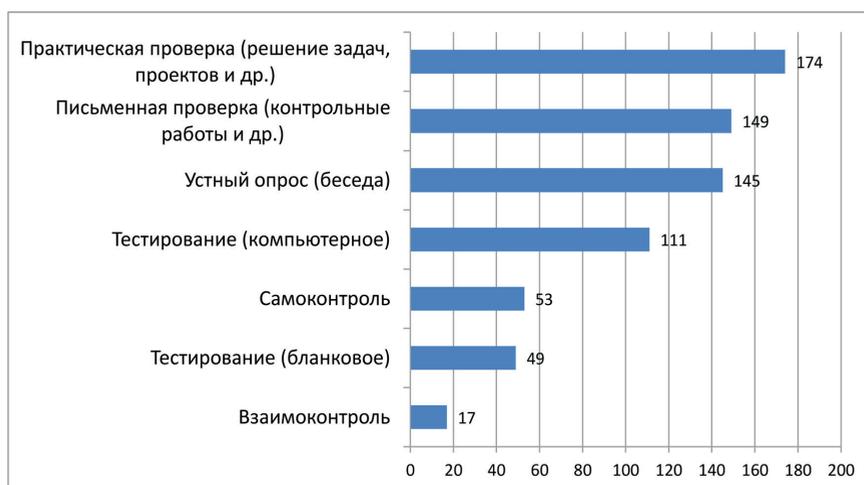


Рис. 6. Методы и формы контроля, используемые преподавателями для оценки знаний студентов по генетике (число респондентов)

Fig. 6. Methods and forms of control used by teachers to assess students' knowledge of genetics (number of respondents)

средства и только 8,6% – массовые открытые онлайн-курсы (MOOC). Данное обстоятельство свидетельствует, что необходимо дальнейшее продвижение и совершенствование содержания электронного образовательного контента, особенно MOOC, при изучении генетических дисциплин, поскольку MOOC обеспечивают доступность, возможность визуализации биологических процессов и, как следствие, более лёгкое усвоение материала.

Чаще всего для проверки знаний студентов по генетике преподаватели вузов используют практические задания на решение задач, выполнение упражнений, проектов, лабораторные работы и т.п. Этот вариант ответа выбрали 83% респондентов (Рис. 6). Также довольно часто респонденты выбирали варианты ответов: письменная проверка (контрольные работы и др.) – 71%, устный опрос (беседа) – 69%. Реже для проверки знаний используется тестирование: ком-

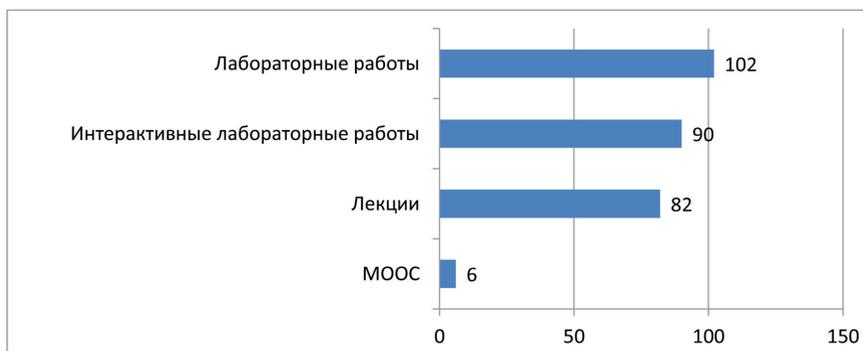


Рис. 7. Формы преподавания «генетики», наиболее интересные студентам (число респондентов)
 Fig. 7. Most interesting to students forms of teaching genetics (number of respondents)

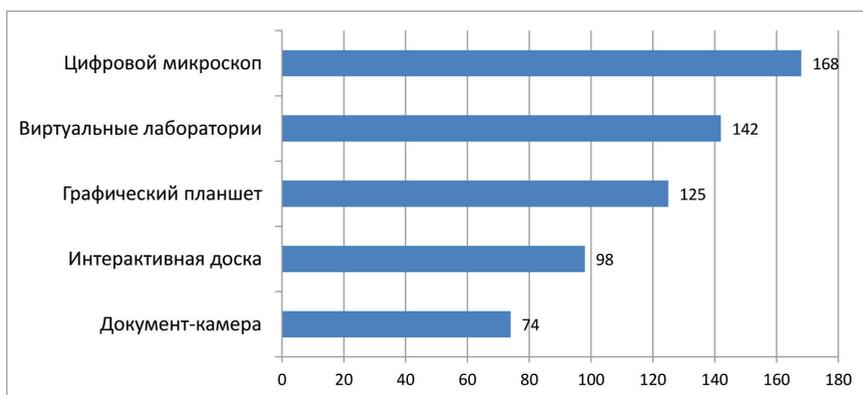


Рис. 8. Цифровые учебные устройства, с помощью которых студенты хотели бы изучать генетические дисциплины (число респондентов)
 Fig. 8. Digital learning devices by which students would like to study genetic disciplines (number of respondents)

пьютерное – 53% и бланковое – 23%. Самоконтроль и взаимоконтроль используются гораздо реже, их выбрали 25% и 8% соответственно.

Также нами был предложен для студентов вопрос: «Какие формы преподавания генетики вам больше всего нравятся и с помощью каких цифровых устройств вы бы хотели изучать генетические дисциплины?» (Рис. 7). Большинству студентов нравятся лабораторные работы – 49%, далее идут интерактивные лабораторные работы – 43%; лекции выбрали 39%. Из 209 опрошенных студентов знают и выбирают МООС только шесть студентов, что составляет около 3%.

В качестве предпочтительного технического оснащения многие выбрали цифровой микроскоп (80%) (Рис. 8), на втором месте оказались виртуальные лаборатории (68%), далее были отмечены графический планшет (60%), интерактивная доска (47%) и документ-камера (35%).

Тот факт, что студенты предпочитают лабораторные работы по генетике, вполне закономерен. Получение навыков в области выделения и очистки ДНК, постановки полимеразно-цепных реакций, проведение электрофореза, секвенирование и интерпретация его результатов – всё это возможно только в ходе практической деятельности. Проведение лабораторных работ по гене-

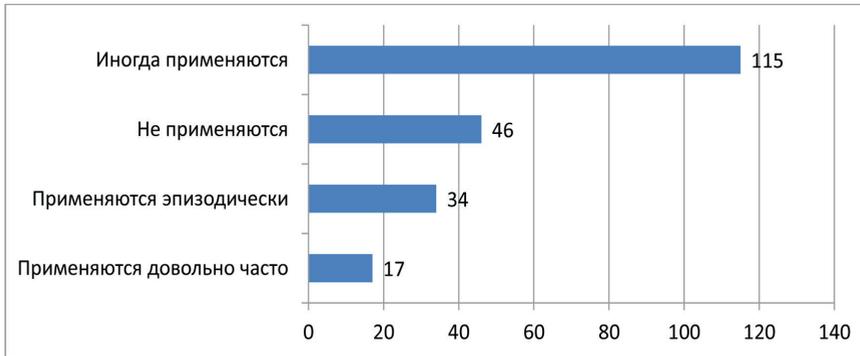


Рис. 9. Частота использования в вузе мероприятий научно-исследовательского характера по генетике (число респондентов)

Fig. 9. Frequency of using genetic research activities at the university (number of respondents)

тике и исследований в рамках выполнения курсовых и выпускных квалификационных работ требует не только современной материальной базы, но и высокой квалификации преподавателей. Наиболее эффективное освоение дисциплины идёт под руководством преподавателей-исследователей, которые привлекают студентов к научной деятельности. Необходимо отметить, что после завершения проекта «Геном человека» в 2003 г. в США была разработана так называемая Инициатива молекулярной биологии (МВИ) – программа, финансируемая из федерального бюджета, направленная на знакомство старшеклассников с биологией, повышение их интереса к науке и развитие мышления. Программа предполагает обучение выделению ДНК, проведению электрофореза в агарозном геле и постановке ПЦР [36].

Невысокая востребованность MOOC студентами, вероятно, связана с недостаточностью их использования в преподавании генетики. Онлайн-курс – это вид электронного обучения, представляющий собой логически и структурно завершённую учебную единицу, методически обеспеченную уникальной совокупностью электронных средств обучения, контроля и управления образовательным процессом, взаимодействия обучающихся и педагогов [37]. Применение электронного обучения позволяет повысить

качество образования за счёт использования быстро пополняемых мировых образовательных ресурсов, а также увеличения доли самостоятельной работы обучающихся при освоении материала. Одна из перспективных тенденций развития электронного обучения, связанная с комбинированным обучением, вызвана появлением MOOC, в основе которых лежит идея массового и общедоступного образования. Широкое распространение массовых онлайн-курсов неизбежно ведёт к формированию новой образовательной парадигмы с оптимальным использованием информационных технологий и созданию единой глобальной транснациональной информационно-образовательной среды. Все перечисленные инновации могут использоваться в формальном, неформальном и информальном образовании, но, помня о специфичности содержания генетики, мы считаем важным подчеркнуть, что в этих процессах необходимо сохранить принцип управляемости усвоения учебного и учебно-научного материала.

В успехе изучения сложного материала, к которому относятся знания по генетическим дисциплинам, большую роль играют проводимые в вузах мотивационные мероприятия, к которым можно отнести вовлечение студентов в научные исследования, экскурсии в профильные учреждения, встречи с известными учёными-генетиками и др. Так, 71%

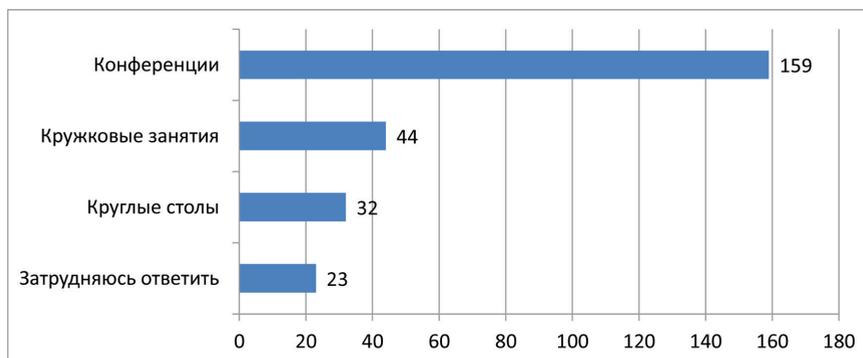


Рис. 10. Внеучебные мероприятия, мотивирующие студентов к изучению генетики (число респондентов)

Fig. 10. Extracurricular activities that foster students' interest in studying genetics (number of respondents)

респондентов ответили, что в учебном процессе мероприятия научно-исследовательского характера применяются иногда или эпизодически; то, что такие мероприятия не применяются, ответили 22% и только 8% выбрали ответ «применяются довольно часто» (Рис. 9).

Из мероприятий, которые реализуются вне учебного плана и пробуждают интерес к изучению генетики, 76% студентов отметили конференции, 21% – кружковые занятия, 15% – круглые столы; 11% респондентов ответили, что никаких подобных мероприятий не проводится, либо они о них не знают (Рис. 10).

Вопрос: «В каких организациях Вы бы хотели проходить практики по генетическим дисциплинам?» – был открытым, студентам предлагалось вписать свой ответ. Ответы были в основном общие, например: «в лабораториях», «научных или генетических центрах», «медицинских учреждениях»; только 12% респондентов дали конкретные ответы: Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, АО «НПО» «Микроген».

На вопрос: «Ориентирует ли ныне применяемый способ преподавания “Генетики” на использование материала в будущей профессиональной деятельности?» – более 40% студентов затруднились ответить, 48% студентов выразили удовлетворённость используемым способом, а 9% оценили уро-

вень преподавания генетических дисциплин отрицательно.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод о том, что опрошенные студенты недостаточно хорошо ориентируются в современных разделах генетики, большинство выбирают классические формы преподавания и только единицы имеют представление о МООС.

Заключение

Анализ удовлетворённости студентов качеством генетического образования в вузах Республики Башкортостан показал, что большинство опрошенных студентов были в целом удовлетворены его качеством. Однако студенты испытывали трудности в усвоении современных разделов генетики, таких как молекулярная генетика, токсикологическая генетика и геномика. Установлено, что студенты заинтересованы в получении практических навыков по генетическим дисциплинам. Было диагностировано недостаточное использование студентами возможностей электронного обучения, в частности МООС, а также низкая вовлечённость молодёжи в научно-исследовательскую деятельность. Эти данные свидетельствуют о необходимости пересмотра методики преподавания генетики в вузах и поиска новых эффективных подходов в изучении генетических дисциплины.

Литература

1. *Шестаков С.В., Асланян М.М.* О преподавании генетики в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова // Информационный вестник ВОГИС. 1999. Т. 3. № 11. Ст. 3. URL: http://www.bionet.nsc.ru/vogis/vestnik.php?f=1999&p=11_3 (дата обращения: 18.02.2022).
2. *Тимофеев-Ресовский Н.В.* Генетика, эволюция, значение методологии в естествознании. Лекции, прочитанные в Свердловске в 1964 году. Екатеринбург : ТокмасПресс, 2009. 240 с. ISBN 978-5-903026-21-0
3. *Зеленский Г.А., Зеленская О.В.* Десять лет, которые изменили биологический мир (к вопросу истории генетики) // Научный журнал КубГАУ. 2010. № 63(09). С. 1–7. URL: <http://ej.kubagro.ru/2010/09/pdf/11.pdf> (дата обращения: 18.02.2022).
4. *Шумный В.К., Высоцкая А.В., Жимулев И.Ф., Захаров И.К.* Кафедра цитологии и генетики Новосибирского государственного университета: генетика в системе подготовки биологов // Информационный вестник ВОГИС. 1999. Т. 3. № 11. Ст. 4. URL: http://www.bionet.nsc.ru/vogis/vestnik.php?f=1999&p=11_4 (дата обращения: 18.02.2022).
5. *Алтухов Ю.П.* Генетика – целостная наука // Вестник Российской академии наук. 2003. Т. 73. № 11. С. 995–1001. URL: http://www.ras.ru/publishing/rasherald/rasherald_articleinfo.aspx?articleid=22e50a0e-4064-4c26-80c4-47f41c9e6152 (дата обращения: 18.02.2022).
6. *Инге-Вечтомов С.Г., Бузовскина И.С.* Система генетического образования. Опыт Санкт-Петербургского университета // Письма в Вавилонский журнал. 2016. Т. 2. № 2. С. 26–31. URL: <http://www.bionet.nsc.ru/vogis/download/genetic-education/appx1.pdf> (дата обращения: 18.02.2022).
7. *Мачехина О.Н.* Использование генетического подхода в педагогических исследованиях // Отечественная и зарубежная педагогика. 2017. Т. 1. № 5(43). С. 124–140. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30484159> (дата обращения: 18.02.2022).
8. *Гайсинович А.Е.* Зарождение и развитие генетики. М.: Наука, 1988. 424 с. ISBN 5-02-005265-5
9. *Фандо Р.А.* Формирование научных школ в отечественной генетике в 1930–1940-е гг. М.: Изд. дом И.И. Шумиловой, 2005. 148 с. ISBN: 5-89784-086-5
10. *Roll-Hansen N.* A new perspective on Lysenko? // Annals of Science. 1985. Vol. 42. No. 3. P. 261–278. DOI:10.1080/00033798500200201
11. *Колчинский Э.И., Ермолаев А.И.* Разгромный август 1948 года: как власть боролась с биологией // Политическая концептология. 2018. № 3. С. 89–112. DOI: 10.23683/2218-5518.2018.3.89112
12. Автопортреты поколения биологов МГУ. Выпускники биофака МГУ о биофаке, об учителях, о себе (1950–2000) / Сост. Лебедева А.И. М.: Изд-во МГУ, 2000. 509 с.
13. *Ермолаев А.И.* Этапы становления и развития генетики в Казанском университете // Учёные записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2017. Т. 159. Кн. 2. С. 179–205. URL: https://kpfu.ru/etapy-stanovleniya-i-razvitiya-genetiki-v_304134.html (дата обращения: 18.02.2022).
14. *Жимулев И.Ф., Гончаров Н.П., Коваль В.С.* Отчёт о деятельности Новосибирского отделения ВОГИС за 2004–2009 гг. // Информационный вестник ВОГИС. 2010. Т. 14. № 2. С. 375–380. URL: http://www.bionet.nsc.ru/vogis/pict_pdf/2010/14-2/14.pdf (дата обращения: 18.02.2022).
15. *Иманкулова С.К., Кенжебаева З.С., Шалабаев К.И.* Роль генетического образования как ключевого звена подготовки специалистов биологов // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-2. С. 294–298. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30216> (дата обращения: 18.02.2022).
16. *Smith M., Wood W.* Teaching Genetics: Past, Present, and Future // Genetics. 2016. Vol. 204. Issue 1. P. 5–10. DOI: 10.1534/genetics.116.187138
17. *Moser L., Saner K., Oggier V., Hanne Th.* A Serious Game for Teaching Genetic Algorithms // Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC). 2021. Vol. 3. P. 738–758. DOI: 10.1007/978-3-030-89912-7_57
18. *Zhao Na, Qi Bao, Dong Q., Wang X.* Application of related research progress of common wheat in the teaching of genetics theory // Genetics. Vol. 42. No. 09. P. 916–925. DOI: 10.16288/j.yczs.20-113
19. *Woody S.* Understanding & Teaching Genetics Using Analogies // The American Biology Teacher. 2013. Vol. 75. No. 9. P. 664–669. DOI:10.1525/abt.2013.75.9.7

20. Gao Y., Jian-Min Ch. Application of documentary in teaching genetics // *Genetics*. 2012. No. 3. P. 379–382. DOI: 10.3724/SP.J.1005.2012.00379
21. Chun Ming Wang, Chang Jun Lin, Hu Yuan Feng. How to teach genetic drift // *Yi Chuan*. 2020. Vol. 42. No. 12. P. 1211–1220. DOI: 10.16288/j.yczs.20-310
22. Gupta P. Teaching genetics in India: Problems and possible solutions // *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2019. Vol. 79. Issue 1. DOI:10.31742/IJGPB.79S.1.26
23. Dunn S., Rudman S., Marchant J. Teaching genetics: A genomic science bootcamp // *Biochem (Lond)*. 2007. Vol. 29. No. 6. P. 36–37. DOI:10.1042/BIO02906036
24. Cimer A. What makes biology learning difficult and effective: Students' views // *Educational Research and Reviews*. 2012. Vol. 7. No. 3. P. 61–71. DOI: 10.5897/ERR11.205
25. Finley F.N., Stewart J., Yarroch W.L. Teachers' perceptions of important and difficult science content // *Science Education*. 1982. Vol. 66. Issue 4. P. 531–538. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730660404>
26. Babar M., Johnstone A.H., Hansell M.H. Revisiting learning difficulties in biology // *Journal of Biological Education*. 1999. Vol. 33. Issue 2. P. 84–86. DOI: 10.1080/00219266.1999.9655648
27. Kacovsky P. Grammar school students' misconceptions concerning thermal phenomena // *Journal of Baltic Science Education*. 2015. Vol. 14. Issue 2. P. 194–206. DOI: 10.33225/jbse/15.14.194
28. Vlckova J., Kubiato M., Usak M. Czech high school students' misconceptions about basic genetic concepts: preliminary results // *Journal of Baltic Science Education*. 2016. Vol. 15. Issue 6. P. 738–745. DOI: 10.33225/jbse/16.15.738
29. Gay S., Bishop M., Sutherland S. Teaching Genetics and Genomics for Social and Lay Professionals // Kumar, D. Chadwick, R. (Eds). *Genomics and Society: Ethical, Legal, Cultural and Socioeconomic Implications*. Academic Press, 2016. P. 147–164. DOI: 10.1016/B978-0-12-420195-8.00008-2
30. Можаева Г.В. МООК – новые возможности для развития дополнительного профессионального образования // *Дополнительное профессиональное образование в стране и мире*. 2015. № 1(15). С. 5–9. URL: <http://www.dpo-edu.ru/wordpress/wp-content/uploads/1-2015.pdf> (дата обращения: 19.02.2022).
31. Knippels M.-Cb., Waarlo A.J., Boersma K.T. Design criteria for learning and teaching genetics // *Journal of Biological Education*. 2005. Vol. 39. Issue 3. P. 108–112. DOI: 10.1080/00219266.2005.9655976
32. Рытов Г.А. Разработка концепции непрерывного биоэкологического образования биологов и небологов // *Научное отражение*. 2017. № 5-6 (9-10). С. 139–141. URL: http://www.naukopolis-center.ru/sites/default/files/nomera/nauchnoe_otrazhenie_no_5-6_9-10_2017_0.pdf (дата обращения: 19.02.2022).
33. Clement J., Brown D.E., Zietsman A. Not all preconceptions are misconceptions: Finding “Anchoring conceptions” for grounding instruction on students' intuitions // *International Journal of Science Education*. 1989. No. 11. Issue 5. P. 554–565. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069890110507>
34. Eryilmaz A. Effects of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions and achievement regarding force and motion // *Journal of Research in Science Teaching*. 2002. Vol. 39. Issue 10. P. 1001–1015. DOI: 10.1002/tea.10054
35. Marbach-Ad G. Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts // *Journal of Biological Education*. 2001. Vol. 35. Issue 4. P. 183–189. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655775>
36. Tipton M. A Three-Act Module for Teaching Genetic Techniques to High School Students // *Georgia Southern University Research Symposium*. 2016. 119. URL: https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/research_symposium/2016/2016/119 (дата обращения: 19.02.2022).
37. Гречушкина Н.В. Онлайн-курсы в контексте инклюзивного образования // *Высшее образование в России*. 2019. Т. 28. № 12. С. 97–103. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-28-12-97-103

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства просвещения Российской Федерации №073-03-2021-015/6 от 12.12.2021 на выполнение научно-исследовательских работ по теме «Концепция генетического образования в школе и вузе в условиях смешанного обучения». Авторы выражают искреннюю

благодарность доктору биол. наук, проф., декану естественно-географического факультета БГПУ им. М. Акмуллы Венеру Нурулловичу Саттарову, доктору биол. наук, проф., зав. кафедрой экологии и зоологии Института биохимических технологий, экологии и фармации Таврической академии

Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского Анатолию Васильевичу Ивашову за ценные советы и замечания при работе над данной статьёй.

Статья поступила в редакцию 03.11.21

Принята к публикации 18.02.22

References

1. Shestakov, S.V., Aslanyan, M.M. (1999). About Teaching Genetics at Lomonosov Moscow State University. *Informatsionnyi vestnik VOGIS = Information Bulletin of VOGIS*. Vol. 3, no. 11, art. 3. Available at: http://www.bionet.nsc.ru/vogis/vestnik.php?f=1999&p=11_3 (accessed 18.02.2022).
2. Timofeev-Resovsky, N.V. (2009). *Genetika, evolyutsiya, znachenie metodologii v estestvoznanii. Lektsii, pročitannye v Sverdlovsk v 1964 godu* [Genetics, Evolution, Role of Methodology in Natural Science. Lectures Given in Sverdlovsk in 1964]. Ekaterinburg : TokmasPress, 240 p. ISBN 978-5-903026-21-0 (In Russ.).
3. Zelensky, G.L., Zelenskaya, O.V. (2010). Ten Years That Changed the Biological World (To the Question of the History of Genetics). *Nauchnyi zhurnal KubGAU = Scientific Journal of KubSAU*. Vol. 63, no. 09, pp. 1-7. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2010/09/pdf/11.pdf> (accessed 18.02.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
4. Shumny, V.K., Vysotskaya, L.V., Zhimulev, I.F., Zakharov, I.K. (1999). Department of Cytology and Genetics of Novosibirsk State University: Genetics in the Biologists' Training System. *Informatsionnyi vestnik VOGIS* [Information Bulletin of VOGIS]. Vol. 3, no. 11, art. 4. Available at: http://www.bionet.nsc.ru/vogis/vestnik.php?f=1999&p=11_4 (accessed 18.02.2022). (In Russ.).
5. Altukhov, Yu.P. (2003). Genetics – Holistic Science. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk* [Herald of the Russian Academy of Sciences]. Vol. 73, no. 11, pp. 995-1001. Available at: http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald_articleinfo.aspx?articleid=22e50a0e-4064-4c26-80c4-47f41c9e6152 (accessed 18.02.2022). (In Russ.).
6. Inge-Vechtomov, S.G., Buzovkina, I.S. (2016). System of Genetic Education. The Experience of St. Petersburg University. *Pis'ma v Vavilovskii zhurnal* [Letters to the Vavilovsky Journal]. Vol. 2, no. 2, pp. 26-31. Available at: <http://www.bionet.nsc.ru/vogis/download/genetic-education/appx1.pdf> (accessed 18.02.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
7. Machekhina, O.N. (2017). Possibility of Using Genetic Approach in Pedagogical Research. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika = Domestic and Foreign Pedagogy*. Vol. 1, no. 5(43), pp. 124-140. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30484159> (accessed 18.02.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
8. Gaisinovich, A.E. (1988). *Zarozhdenie i razvitie genetiki* [The Origin and Development of Genetics]. Moscow : Nauka, 424 pp. ISBN 5-02-005265-5 (In Russ.).
9. Fando, R.A. (2005). *Formirovanie nauchnykh sbkol v otechestvennoi genetike v 1930–1940-e gg.* [Formation of Scientific Schools in Russian Genetics in the 1930-1940s.]. Moscow : I.I. Shumilova Publ. House, 148 pp. ISBN: 5-89784-086-5 (In Russ.).
10. Roll-Hansen, N. (1985). A New Perspective on Lysenko? *Annals of Science*. Vol. 42, no. 3, pp. 261-278, doi: 10.1080/00033798500200201
11. Kolchinsky, E.I., Ermolaev, A.I. (2018). [The Devastating August 1948: How the Authorities Fought Against Biology]. *Politicheskaya kontseptologiya* [Political Conceptology]. No. 3, pp. 89-112, doi: 10.23683/2218-5518.2018.3.89112 (In Russ.).

12. Lebedeva, L.I. (Ed.). (2000). *Avtoportrety pokoleniya biologov MGU. Vypuskniki biofaka MGU o biofakе, ob uchitelyakh, o sebe (1950–2000)* [Self-Portraits of a Generation of Biologists at Moscow State University. Graduates of the Biological Faculty of Moscow State University about the Biological Faculty, about the Teachers, about Themselves (1950-2000)]. Moscow : MSU Publ., 509 pp. (In Russ.).
13. Ermolaev, A.I. (2017). Stages of Formation and Development of Genetics at Kazan University. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennyye nauki = Scientific Notes of Kazan University. Series Natural Sciences*. Vol. 159, no. 2, pp. 179-205. Available at: https://kpfu.ru/etapy-stanovleniya-i-razvitiya-genetiki-v_304134.html (accessed 18.02.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
14. Zhimulev, I.F., Goncharov, N.P., Koval, V.S. (2010). Report on the Activities of the Novosibirsk Branch of VOGIS for 2004-2009. *Informatsionnyi vestnik VOGIS = Information Bulletin of VOGIS*. Vol. 14, no. 2, pp. 375-380. Available at: http://www.bionet.nsc.ru/vogis/pict_pdf/2010/14-2/14.pdf (accessed 18.02.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
15. Imankulova, S.K., Kenzhebaeva, Z.S., Shalabaev, K.I. (2012). The Role of Genetic Education as a Key Link in the Training of Biologists. *Fundamentalnye issledovaniya = Fundamental Research*. No. 9-2, pp. 294-298. Available at: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30216> (accessed 18.02.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
16. Smith, M., Wood, W. (2016). Teaching Genetics: Past, Present, and Future. *Genetics*. Vol. 204, issue 1, pp. 5-10, doi:10.1534/genetics.116.187138
17. Moser, L., Saner, K., Oggier, V., Hanne, Th. (2021). A Serious Game for Teaching Genetic Algorithms. In: *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC)*. Vol. 3, pp. 738-758, doi: 10.1007/978-3-030-89912-7_57
18. Zhao, Na, Qi, Bao, Dong, Q., Wang, X. (2020). Application of Related Research Progress of Common Wheat in the Teaching of Genetics Theory. *Genetics*. Vol. 42, no. 09, pp. 916-925, doi: 10.16288/j.ycz.20-113
19. Woody, S. (2013). Understanding & Teaching Genetics Using Analogies. *The American Biology Teacher*. Vol. 75, no. 9, pp. 664-669, doi: 10.1525/abt.2013.75.9.7
20. Gao, Y. Jian-Min, Ch. (2012). Application of Documentary in Teaching Genetics. *Genetics*. No. 3, pp. 379-382, doi: 10.3724/SP.J.1005.2012.00379
21. Chun Ming Wang, Chang Jun Lin, Hu Yuan Feng (2020). How to Teach Genetic Drift. *Yi Chuan*. Vol. 42, no. 12, pp. 1211-1220, doi: 10.16288/j.ycz.20-310
22. Gupta, P. (2019). Teaching Genetics in India: Problems and Possible Solutions. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. Vol. 79, issue 1, doi: 10.31742/IJGPB.79S.1.26
23. Dunn, S., Rudman, S., Marchant, J. (2007). Teaching Genetics: A Genomic Science Bootcamp. *Biochem (Lond)*. Vol. 29, no. 6, pp. 36-37, doi: 10.1042/BIO02906036
24. Cimer, A. (2012). What Makes Biology Learning Difficult and Effective: Students' Views. *Educational Research and Reviews*. Vol. 7, no. 3, pp. 61-71, doi: 10.5897/ERR11.205
25. Finley, F.N., Stewart, J., Yarroch, W.L. (1982). Teachers' Perceptions of Important and Difficult Science Content. *Science Education*. Vol. 66, issue 4, pp. 531-538, doi: <https://doi.org/10.1002/sce.3730660404>
26. Bahar, M., Johnstone, A.H., Hansell, M.H. (1999). Revisiting Learning Difficulties in Biology. *Journal of Biological Education*. Vol. 33, issue 2, pp. 84-86, doi: 10.1080/00219266.1999.9655648
27. Kacovsky, P. (2015). Grammar School Students' Misconceptions Concerning Thermal Phenomena. *Journal of Baltic Science Education*. Vol. 14, issue 2, pp. 194-206, doi: 10.33225/jbse/15.14.194

28. Vlckova, J., Kubiatico, M., Usak, M. (2016). Czech High School Students' Misconceptions about Basic Genetic Concepts: Preliminary Results. *Journal of Baltic Science Education*. Vol. 15, issue 6, pp. 738-745, doi: 10.33225/jbse/16.15.738
29. Gay, S., Bishop, M., Sutherland, S. (2016). Teaching Genetics and Genomics for Social and Lay Professionals. In: Kumar, D., Chadwick, R. (Eds). *Genomics and Society: Ethical, Legal, Cultural and Socioeconomic Implications*. Academic Press, pp. 147–164, doi: 10.1016/B978-0-12-420195-8.00008-2
30. Mozhaeva, G.V. (2015). MOOC – New Opportunities for the Development of Additional Professional Education. *Dopolnitelnoe professionalnoe obrazovanie v strane i mire* [Additional Professional Education in the Country and in the World]. No. 1(15), pp. 5-9. Available at: <http://www.dpo-edu.ru/wordpress/wp-content/uploads/1-2015.pdf> (accessed 18.02.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
31. Knippels, M.-Ch., Waarlo, A.J., Boersma, K.T. (2005). Design Criteria for Learning and Teaching Genetics. *Journal of Biological Education*. Vol. 39, issue 3, pp. 108-112, doi: 10.1080/00219266.2005.9655976
32. Rytov, G.L. (2017). Development of the Concept of Continuous Bioecological Education of Biologists and Non-Biologists. *Nauchnoe otrazhenie* [Scientific Reflection], No. 5-6 (9-10), pp. 139-141. Available at: http://www.naukopolis-center.ru/sites/default/files/nomera/nauchnoe_otrazhenie_no_5-6_9-10_2017_0.pdf (accessed 18.02.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
33. Clement, J., Brown, D. E., Zietsman, A. (1989). Not All Preconceptions Are Misconceptions: Finding “Anchoring Conceptions” for Grounding Instruction on Students’ Intuitions. *International Journal of Science Education*. Vol. 11, issue 5, pp. 554-565, doi: <https://doi.org/10.1080/0950069890110507>
34. Eryilmaz, A. (2002). Effects of Conceptual Assignments and Conceptual Change Discussions on Students’ Misconceptions and Achievement Regarding Force and Motion. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 39, issue 10, pp 1001-1015, doi: 10.1002/tea.10054
35. Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to Break the Code in Student Comprehension of Genetic Concepts. *Journal of Biological Education*. Vol. 35, issue 4, pp. 183-189, doi: <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655775>
36. Tipton, M. (2016). A Three-Act Module for Teaching Genetic Techniques to High School Students. Georgia Southern University Research Symposium. 119. Available at: https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/research_symposium/2016/2016/119 (accessed 19.02.2022).
37. Grechushkina, N.V. (2019) Online Courses in the Context of Inclusive Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 28, no. 12, pp. 97-103, doi: 10.31992/0869-3617-2019-28-12-97-103 (In Russ., abstract in Eng.).

Acknowledgment. The reported study work was funded by the Ministry of Education of the Russian Federation in the framework of the project No. 073-03-2021-015/6 dated 12/12/2021 “The concept of genetic education at school and university in conditions of blended learning”.

The authors express their sincere gratitude to Vener N. Sattarov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Natural Geography of the Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla; Anatoly V. Ivashov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Zoology, Institute of Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy of the Tauride Academy of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky for valuable advice and comments during the work on this article.

*The paper was submitted 03.11.21
Accepted for publication 18.02.22*