

СИСТЕМА ГЕНЕТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ. ОПЫТ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

С.Г. Инге-Вечтомов, И.С. Бузовкина

Санкт-Петербургский
государственный
университет, кафедра
генетики и биотехнологии,
199034, С.-Петербург,
Университетская наб., 7/9

✉ ingevectomov@gmail.com
© С.Г. Инге-Вечтомов,
И.С. Бузовкина, 2016

Культурная миссия университетов объединяет науку и образование в подготовке молодого поколения. Эта миссия сталкивается с необходимостью баланса между естественно-научной специализацией и гуманитарной составляющей, которая делает человека интеллигентным. Представлена система дисциплин, преподаваемых кафедрой генетики и биотехнологии СПбГУ, на базе научно-образовательного центра «Генетика», объединяющего силы ученых и преподавателей университета и трех институтов Российской академии наук. Система двухступенчатого (бакалавр, магистр) генетического образования учитывает две полярные тенденции развития современной биологии (генетики): (1) все глубже в молекулярные механизмы биологических процессов и (2) все шире биологическая феноменология от клеточного до экосистемного уровней, объединяемых новым эколого-генетическим синтезом в теории эволюции.

Ключевые слова: университеты; наука; образование; специализация; генетика; тенденции развития биологии; научно-образовательный центр.

SYSTEM OF GENETIC EDUCATION. EXPERIENCE OF ST-PETERSBURG UNIVERSITY S.G. Inge-Vechtomov, I.S. Buzovkina

Cultural mission of the universities is to couple science and education in development of the new human generation. This mission face the necessity to balance in education both natural scientific specialization and humanities which makes a student an intelligent one. The system of disciplines delivered by Department of Genetics and Biotechnology of SPb University is presented on the basis of research education center "Genetics", which united efforts of scientists and teachers of the University and of three institutes of Russian Academy of Sciences. Two level system of genetic education (bachelor, master) is developed considering two somewhat opposite tendencies in development of contemporary biology (genetics): (1) deeper into molecular mechanisms of the biological processes and (2) wider description of biological phenomenology from cellular to ecosystem level. These two trends are being united through new – ecological genetic synthesis in the theory of evolution.

Key words: universities; science; education; specialization; genetics; trends in development of biology; research education center.

Университетское образование и подготовка специалистов

Культурную миссию университетов как средоточия объединения науки и образования, воспитания новых поколений символизирует понятие «Болонский процесс», обозначаемый в соответствии с местом создания первого европейского университета в 1088 г. (Ощепков, 2016). Эта миссия университетов остается неизменной, несмотря на разнообразие моделей их организации во всем мире. Тем не менее очевидна опасность узкой специализации учащихся в университетах, которую неизбежно диктует подразделение на факультеты, кафедры,

специальности, специализации и другие структуры, необходимые для профессиональной деятельности преподавателей, исследователей и подготовки студентов. Поэтому необходимо постоянно искать и находить баланс между специализацией и образованием при подготовке каждого нового поколения студентов.

Основная трудность обусловлена нарастанием разрыва между естественно-научным и гуманитарным знанием, овладение которым, прежде всего, связывает нас с культурой и потому должно быть неотъемлемой частью университетского образования. Символом такого желанного, но, увы,

не всегда достижимого синтеза, служит лозунг: «Уметь, знать и понимать», которому мы стараемся следовать в организации учебного процесса при подготовке специалистов-генетиков. Потому большое значение приобретает соотношение (по времени и по смыслу) курсов практических занятий (уметь) и лекционных курсов (знать) и, наконец, семинары, рефераты и экзамены (не удивляйтесь! – см. далее), которые способствуют пониманию предлагаемого материала.

Дурную услугу образованию оказывает современное увлечение ЕГЭ – той системой проверки знаний, в которой все более разочаровываются наши западные коллеги, у которых мы эту систему переняли (см., например, Тэйлер, 2015). Из-за широкого применения этой системы тестирования – «угадайки» с готовыми ответами – учащиеся все меньше владеют логикой изложения своих мыслей. Со своей стороны мы пытаемся противостоять этой тенденции, требуя от студента подготовить план ответа по каждому экзаменационному вопросу. Справляются с этим далеко не все.

Формализованное в учебном плане и неформальное общение со студентами дают дополнительный повод для усиления гуманитарной составляющей в их подготовке. Это, прежде всего, овладение языками. Английским – непременно, поскольку способствует свободному чтению научной литературы и общению специалистов. Овладение им таит и неизбежный риск перевода на русский ошибок английского. За примерами не нужно ходить далеко. Русские и английские специальные публикации пестрят «транскрипцией РНК (RNA transcription)», «трансляцией белка (Protein translation)», использованием понятия «полиморфизмы» во множественном числе и т. д. Чтобы избежать этих проблем, нужно хорошо знать родной русский язык и понимать свою специальность.

Важнейшая задача естественно-научной подготовки – учить студентов искать и видеть логику и причинно-следственные связи явлений, избегая «заклинаний», примером коих служат: «системный (часто вместо систематического) подход», «гомеостаз» и пр. В последнее время это всеобщее увлечение «эпигенетикой», областью до сих пор не имеющей строгого определения. Напомним, что еще Т.Х. Морган считал, что изобрести слово – еще не значит понять явление (Allen, 1969).

Значение генетики

Основное значение в генетическом (и общебиологическом) образовании имеет осознание того, какое место генетика занимает в системе биологических наук. Это, прежде всего, методология генетического анализа как количественного подхода к изучению универсальных свойств биологических объектов – наследственности и изменчивости. Менделизм и морганизм привели биологию (генетику!) в семью точных наук. При этом генетика стала типичной парадигмальной наукой, исследующей разнообразие явлений, сводимых к ограниченному числу базовых закономерностей. В то же время большинство биологических дисциплин принадлежит к семье допарадигмальных наук, в которых преобладает феноменологический, описательный подход. Здесь не место для обсуждения понятия «парадигма», введенного

Т. Куном (Кун, 1975), который так и не дал определение этому понятию. Отметим, что строго определил его выпускник нашей кафедры Н.Н. Хромов-Борисов: «Наука – это круговая порука гипотез» (Хромов – Борисов, личное сообщение). Достаточно заменить «наука» на «парадигма».

При всем при том следует помнить, что генетика «обречена» быть «вечно пограничной» дисциплиной, которая сугубо биологическими методами – анализа результатов скрещиваний и расщеплений – косвенно выявляет молекулярную дискретность организации живых систем, закодированную в структуре генетического материала. Таким образом, очевидно, что, установив моногибридное расщепление по какому-либо признаку, в наше время необходимо идти дальше, за пределы генетики в область молекулярных механизмов.

Учитывая соотношение общей биологии (преимущественно допарадигмальной науки) и генетики (парадигмальной дисциплины), мы считаем, что нужно показать студентам-биологам генетику как можно раньше. Этому служит летняя практика после 1-го курса, на котором они уже слушали «Введение в биологию» – курс, который читает сотрудник кафедры генетики – доцент О.Н. Тихоходеев, а также летняя практика после 2-го курса (см. далее). Это способствует тому, чтобы студенты успели сделать более осознанный выбор к распределению по кафедрам, которое официально происходит начиная со второго семестра на 3-м курсе. Мы также приветствуем появление студентов на кафедре генетики и биотехнологии (генетики и селекции до 2012 г.) до этого срока, чему способствуют ежегодные «Дни открытых дверей» для студентов младших курсов. Этой же цели способствует участие кафедры в программе «Наука – школе», осуществляемой С.-Петербургским научным центром РАН и АПН. Сотрудники кафедры регулярно выступают перед учителями и школьниками с лекциями по актуальным проблемам генетики. Эти лекции затем публикует ежегодный сборник «Наука – школе».

Единство науки и образования (НОЦ «Генетика»)

Необходимой характеристикой университетского образования и генетического образования, в частности, является единство исследовательской работы и педагогического процесса. Никакие темы мы не изобретаем «специально для студентов». Выполняя свои квалификационные работы, студенты входят непосредственно в исследовательские группы, лаборатории, разрабатывающие разделы некоторой общей проблемы, традиционно формулируемой на кафедре. Выбор такой общей проблемы – традиция нашей научной школы, заложенная М.Е. Лобашевым в 1960-е гг. Существование научной школы, в нашем случае – школы, сформированной Ю.А. Филиппенко, Г.Д. Карпеченко, М.Е. Лобашевым и другими видными генетиками (Инге-Вечтомов, 2015 а), служит своего рода компасом в море бурно развивающейся науки. В настоящее время общая проблема, разрабатываемая кафедрой, – «Механизмы интеграции генетических процессов». Наличие такой общей проблемы не отменяет поисковых исследований. В то же время она делает акцент на наиболее актуальных задачах, вытекающих из

Таблица 1. Дисциплины бакалавриата кафедры генетики и биотехнологии

Дисциплина	Семестр	Кол-во часов
Генетический анализ	6	82
Генетика прокариот	6	20
Английский для профессиональных целей	6, 7	116
Генетика популяций и охрана генофонда	7	24
Генетика эукариот	7	84
Генетика человека	7	24
Цитогенетика	7	34
Математические методы в генетике	8	40
Молекулярно-биологические базы данных	8	30
Практикум по основным генетическим методам	8	90

традиций школы, имеющихся заделов и методических возможностей исследователей, способствует необходимому взаимопониманию исследователей, которые часто склонны к уходу в «свои» области.

С переходом в 1996 году на двухступенчатую систему образования (бакалавриат, магистратура) мы выделили основные дисциплины начального генетического образования (табл. 1). Кроме того, ряд предметов был внесен в перечень общебиологической подготовки будущих бакалавров.

Общефакультетские курсы, осуществляемые кафедрой генетики и биотехнологии на биологическом факультете СПбГУ:

- Введение в биологию (1 курс)
- Общая генетика (2 курс)
- Летняя практика по генетике (2 курс), с 2016 Летняя практика по изменчивости (1 курс)
- Симбиоз и симбиогенез (3 курс)
- Молекулярная биология (4 курс)
- Генная инженерия и биотехнология (4 курс)
- Геномика и геносистематика (4 курс)

Одновременно на кафедре были сформированы основные магистерские программы (до 2010 года), они же – направления исследований в рамках общей проблемы с некоторыми вариациями от года к году (в скобках – руководители направлений):

1. Структура и функции генетического материала (акад. РАН, проф. С.Г. Инге-Вечтомов, проф. Л.Н. Мирнова до 2014 года, а затем – проф. Г.А. Журавлева).
2. Экологическая генетика (акад. РАН, проф. И.А. Тихонович, доц. Л.В. Барабанова).
3. Генетика человека (чл.-кор. РАН, проф. В.С. Баранов, проф. Л.А. Мамон).
4. Генетика развития (проф. Л.А. Лутова, проф. Л.А. Мамон).
5. Молекулярная биология и биотехнология растений (проф. Л.А. Лутова).

Специализацию (курсы) в этих магистерских программах мы сочетаем с объединяющими курсами, направленными против узкой специализации (табл. 2, в ней они помечены звездочками).

Наряду с магистерскими программами кафедра сохраняет три специализации, традиционные для студентов младших курсов (бакалавриата) и магистратуры: генетика животных, генетика растений, генетика микроорганизмов. Специализация не касается базовой образовательной программы. Она важна в плане научно-исследовательской работы студентов: обсуждение тем выпускных квалификационных работ, отчетов по выполняемой работе и т. д.

Кафедра генетики и биотехнологии (генетики и селекции до 2012 г.) послужила основой для организации научно-образовательного центра (НОЦ). Еще до реформы, объединившей три академии в рамках РАН, НОЦ «Молекулярно-биологические основы здоровья человека и окружающей среды Северо-Западного региона России» (НОЦ «Генетика») в СПбГУ объединил возможности РАН, РАСХН, РАМН, что отражено в структуре НОЦ. В него входят:

кафедра генетики и селекции (акад. РАН, проф. С.Г. Инге-Вечтомов до ноября 2015 г., ныне – и. о. зав. кафедрой – проф. Г.А. Журавлева);

отдел растительно-микробных взаимодействий Всероссийского института сельскохозяйственной микробиологии Российской академии сельскохозяйственных наук (директор института и зав. отделом – акад. РАН, проф. И.А. Тихонович, проф. кафедры);

лаборатория пренатальной диагностики Института акушерства и гинекологии Российской академии медицинских наук (зав. лабораторией – чл.-кор. РАМН, проф. В.С. Баранов, проф. кафедры);

С.-Петербургский филиал Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН (директор филиала – акад. РАН, проф. кафедры С.Г. Инге-Вечтомов).

Здесь мы сохранили наименования ведомств, которым принадлежали подразделения, вошедшие в НОЦ, какими они были в то время. Это позволяет видеть, что соответствующие подразделения расширили наши возможности в подготовке студентов в области сельскохозяйственной науки, медицинской генетики и генетики человека. С одной стороны, университет получил новые возможности для работы студентов и аспирантов на

Таблица 2. Дисциплины магистратуры кафедры генетики и биотехнологии

Дисциплины	Семестр	Кол-во часов
* Гены и геномы (семинар)	1	52
* Репликация, репарация и мутагенез	1	24
* Генетический контроль клеточного цикла	1	34
* Онкогенетика и пути сигнальной трансдукции	1	18
Основы генетики (курс для «небиологов»)	1	24
Апоптоз	1	26
Генетика органелл	1	18
Медицинская генетика	1	24
Геномика растений	1	34
Практикум по геной и клеточной инженерии растений	1	34
*Генетика развития растений	2	26
* Актуальные проблемы генетики (семинар)	2	26
* Генетика развития животных	2	26
*Транскрипция и мир РНК	2	26
Нейрогенетика и генетика поведения	2	16
Сигнальные системы растений	2	26
Молекулярные основы бактериально-растительных взаимодействий	2	26
* Экологическая генетика	3	16
* Метагеномика	3	16
* Трансляция и посттрансляционная судьба белков	3	26
Молекулярные механизмы клеточных процессов (семинар)	3	42
Молекулярно-биологические методы (практикум)	3	52
Частная генетика и генетические коллекции	3	16
Прионы и амилоиды	3	18
Эволюция человека	3	34
Цитогенетика и генетика эмбрионального развития человека	3	34
Молекулярно-цитологические методы (практикум)	3	40
Частная генетика и генетические коллекции	3	16
Анализ спецлитературы (семинар)	3	34
Актуальные проблемы молекулярной биотехнологии растений	3	26
Биохимический анализ растений (практикум)	3	50
Молекулярно-генетические механизмы адаптаций	3	34
Генетическая токсикология	3	34
Прикладные аспекты экологической генетики	3	12
Методы тестирования генотоксичности (практикум)	3	34
** Современные проблемы биологии	4	–
* Молекулярные основы эволюции	4	24
* Ретроспектива генетики	4	24
* Механизмы модификационной изменчивости (К общей теории изменчивости)	4	16
Мобильные элементы генома	4	12
Генетика старения и долголетия	4	18
Генетика иммунного ответа	4	16

* Курсы, рекомендуемые как обязательные для студентов-генетиков

** Для генетиков – лекции и семинары по актуальным проблемам современной генетики

новой базе, а учреждения, вошедшие в НОЦ, получили возможность готовить «кадры для себя».

Собственно генетическое образование

Собственно генетическое образование студентов начинается с летней практики по генетике еще в бакалавриате (см. ранее) и курса «Общей генетики» (2-й год обучения, 1-й семестр) и получает первоначальное развитие на кафедре в курсе «Генетический анализ», сопровождаемом практическим решением задач на дрозофиле. Значение этого курса – овладение предметом и логикой генетического анализа. Часто под генетическим анализом, увы, в том числе и в научной литературе, понимают все, что угодно, если оно имеет отношение к наследственности, например секвенирование ДНК или изучение признаков, о которых уже известна генетическая детерминация. Красноречиво в этом отношении использование словосочетания «генетические анализы» (во множественном числе) (Возовикова, 2016). Видимо, у автора возникла ассоциация с анализами другого рода, к которым привыкли пациенты, а статья сама по себе очень полезная.

Стратегию генетического образования мы основываем на следующих тенденциях развития своей науки. В биологии это – «поляризация»:

1. С одной стороны, все глубже в механизмы, которые в биологических системах протекают на молекулярном уровне.

2. С другой стороны, все шире в биологическую феноменологию от клеточного до популяционного и экосистемного уровня.

Опираясь на две упомянутые тенденции в развитии биологии, мы сформировали два образовательных цикла (две системы дисциплин):

1. Молекулярно-генетическое направление, которое исходит из матричного принципа (воспроизведение как основа жизни) от Н.К. Кольцова (и ранее от Р. Вирхова, Л. Пастера) через конвариантную редупликацию Н.В. Тимофеева-Ресовского и физиологическую гипотезу мутационного процесса М.Е. Лобашева и, наконец, до Центральной Догмы молекулярной биологии Ф. Крика и далее – к матрицам I и II рода (Инге-Вечтомов, 2015 б).

2. Направление, отражающее биологическую феноменологию на клеточном, тканевом, организменном, популяционном и в особенности – эколого-генетическом уровне.

Обе тенденции присутствуют в нашей системе образования параллельно. В табл. 2 можно видеть дисциплины, относящиеся к обоим направлениям. Серьезные проблемы встречает преподавание экологической генетики, отсутствие учебных пособий в этой области и далеко не до конца устоявшиеся представления о ее содержании. Пытаясь компенсировать эти недостатки, мы регулярно проводим всероссийские школы для молодых специалистов по экологической генетике. С 1998 по 2015 г. было проведено семь таких школ:

1998 «Что такое экологическая генетика?»

2001 «Симбиогенетика и эволюция»

2005 «Модификационная изменчивость в экологических взаимодействиях»

2007 «Экологическая генетика и теория эволюции»

2010 «Экологическая генетика человека», посвященная 110-й годовщине со дня рождения Ф.Г. Добжанского

2012 «Экологическая генетика популяций»

2015 «Генетическая токсикология», посвященная 150-летию открытий Г.И. Менделя

Эти школы полезны как для преподавателей, так и для студентов. Некоторые материалы школ публикует журнал «Экологическая генетика», издаваемый с 2003 г.

Упомянутые тенденции в развитии биологии объединяет теория эволюции, поскольку, как писал Ф.Г. Добжанский: «Ничто в биологии не имеет смысла вне связи с теорией эволюции» (Ayala, 1977). При этом необходимо акцентировать новый (эколого-генетический) синтез в теории эволюции и вклад в эту область синтетической теории эволюции (СТЭ), логически доказавшей, что СТЭ еще далеко не все объясняет. Тут наше внимание вновь привлекает соотношение микро- и макроэволюции (Филипченко, 1926, 1977), и становится очевидным, что в эволюционирующих экосистемах главные события разыгрываются не столько на популяционном уровне, сколько на уровне популяций разных видов, взаимодействующих в экосистемах.

Учитывая главные тенденции развития генетики (биологии), отмеченные ранее, мы исходим также из существования консервативного и прогрессивного элементов, по-видимому, одинаково важных для развития науки. Соотношение и взаимодействие этих элементов необходимо учитывать и в генетическом образовании. Так, очевидно, что образовательный процесс (обучение) идет в рамках нормальной науки или уже существующей парадигмы. Это ближе к консервативной составляющей науки. Необходимо готовить исследователей завтрашнего дня, подталкивать их к открытиям и «научным революциям».

Осуществлению этой тенденции служит курс «Перспектива генетики», показывающий эволюцию методологии генетики, направленный на выявление основных тенденций в ее развитии. В то же время этот курс служит своего рода объединяющим звеном между естественно-научным и гуманитарным образованием. Помогает научить «делать открытия» также курс «Механизмы модификационной изменчивости». Не случайно он имеет подзаголовок «К общей теории изменчивости», которой нет до сих пор. В курсе показаны противоречия и «нестыковки» современной генетической парадигмы, которые тем самым могут стать новыми точками роста нашей науки. Таланту научить нельзя, но можно помочь найти ему эффективное применение.

Очевидно, что классическая парадигма генетики стала ей тесна. Как мы отмечали, генетика всегда была «обречена» выступать в качестве пограничной дисциплины. Отсюда неизбежен биологический принцип неопределенности. Об этом, видимо первым, писал Е.Д. Свердлов (2009). При этом следует рассматривать неопределенность не по Гейзенбергу, как в физике, а учитывать многоуровневость биологической организации. Неопределенность выражается в том, что возможно участие одного и того же молекулярного механизма в различных биологических феноменах.

Проблемы, с которыми мы сталкиваемся.

Формируя оригинальную (?) систему генетического образования, мы стремимся обеспечивать учебный процесс оригинальными учебниками. Далее приведен список учебных пособий, опубликованных кафедрой, который нас самих далеко не удовлетворяет, поскольку он не покрывает всего набора авторских курсов кафедры. Эта работа продолжается.

Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. 2-е и 3-е изд., СПб.: Н-Л, 2010;2015;718 с.

Инге-Вечтомов С.Г. (ред.). Общая генетика. Методическое пособие. СПб.: Н-Л, 1-е и 2-е изд. 2007;2008;124 с.

Лутова Л.А., Ежова Т.А., Додуева И.Е., Осипова М.А. Генетика развития высших растений. СПб.: Н-Л, 2010;432 с.

Лутова Л.А. Биотехнология высших растений. СПб.: Санкт-Петербургский университет, 2010;240 с.

Матвеева Т.В., Богомаз Д.И., Лутова Л.А. Малый практикум по генной инженерии Учебное пособие. СПб.: Бигль, 2012;51 с.

Тиходеев О.Н. Основы психогенетики. М.: Академия, 2011;320 с.

Мыльников С.В. Азы биометрии. СПб.: Н-Л, 2007;60 с.

Падкина М.В., Залуцкая Ж.М., Лапина Т.В., Самбук Е.В., Ермилова Е.В. Протеомика микроорганизмов и растений. Принципы, технологии и практическое применение. Тесса, 2012;148 с.

Федорова Е.М., Мыльников С.В. Нелегкий путь к диплому. СПб.: Н-Л, 2012;100 с.

Инге-Вечтомов С.Г. Ретроспектива генетики. СПб.: Н-Л, 2015; 336 с.

Даев Е.В. Психогенетика с основами генетики. СПб.: Н-Л, 2015;192 с.

Безусловно, важнейшей составляющей подготовки специалистов являются практические занятия студентов. При этом на первый план, увы, выходят материальные возможности. В настоящий момент мы имеем возможность проводить ограниченный набор практикумов (табл. 2), а разработка новых практических занятий требует больших затрат по подготовке специалистов и по расширению материальной базы.

Еще один комплекс проблем связан с тем, что в соответствии с нынешней системой образования студенты

вправе сами выбирать курсы для своего обучения. При этом необходимо учитывать, что к нам приходят как студенты, прошедшие бакалавриат на нашей кафедре, так и студенты других биологических специальностей и даже имеющие техническое или гуманитарное образование. Поэтому мы вводим для последних «подгоночные» курсы (сейчас это курс «Основы генетики», планируем введение и других курсов). При составлении студентами индивидуальных учебных планов подготовки мы стараемся объяснить необходимость выбора курсов согласно нашей системе генетического образования, однако студенты зачастую предпочитают более узкую специализацию. Несмотря на это, наличие предлагаемого комплекса дисциплин позволяет дать заинтересованным студентам полноценное структурированное генетическое образование.

Настораживает также нарастающая тенденция превращения университетов в сферу образовательных услуг. Вспомним, что раньше нас вдохновляла возможность служения науке.

Список литературы

Возовикова Т. Угроза от узоров. Газета «Поиск». № 21-22. 27 мая 2016;5.

Инге-Вечтомов С.Г. Ретроспектива генетики. СПб.: Н-Л, 2015а;335 с.
Инге-Вечтомов С.Г. От хромосомной теории к матричному принципу. Генетика. 2015б;51(4):397-408.

Кун Т. Структура научных революций. М., 1975;288 с.

Ощепков М.Ю. Академические свободы. В защиту науки. Бюл. 17. М., 2016;82-103.

Свердлов Е.Д. Взгляд на жизнь через окно генома. Т. 1. М.: Наука, 2009;525 с.

Тэйлер П. Умение работать в группе. В мире науки. 2015;10:68-73.

Филиппченко Ю.А. Эволюционная идея в биологии. 2-е изд. М., 1926;244 с. 3-е изд. М.: Наука, 1977;227 с.

Allen G.E. T.H. Morgan and the emergence of a new American biology. Quarterly Rev. of Biology. 1969;44:168-188.

Ayala F.J. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. J. of Heredity. 1977;68:3-10.

Опубликовано онлайн 05.07.2016 г.

КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ:

Инге-Вечтомов С.Г., Бузовкина И.С. Система генетического образования. Опыт Санкт-Петербургского университета. Письма в Вавиловский журнал. 2016. <http://www.bionet.nsc.ru/vogis/download/genetic-education/appx1.pdf>

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Inge-Vechtomo S.G., Buzovkina I.S. System of Genetic Education. Experience of St-Petersburg University. Pisma v Vavilovskii Zhurnal. 2016. <http://www.bionet.nsc.ru/vogis/download/genetic-education/appx1.pdf>