

УДК 372.857
ББК Ч426.45–22

Т. Н. Филинкова

Екатеринбург

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ УЧАЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ МИКРОЭВОЛЮЦИИ

ГСНТИ 14.25.09
Код ВАК 13.00.02

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: хромосомные перестройки; микроэволюция; видообразование; образование; модель учебного процесса.

АННОТАЦИЯ. Рассматривается возможность изучения симпатрического видообразования на уроках биологии в общеобразовательной школе на основе структурных перестроек кариотипа у представителей отряда двукрылых насекомых.

T. N. Filinkova

Ekaterinburg

FORMATION OF RESEARCH COMPETENCE OF PUPILS IN STUDYING GENETIC BASES OF MICROEVOLUTION

KEY WORDS: chromosomal reconstruction; microevolution; formation of species; education; model of the learning process.

ABSTRACT. The possibility to study sympatric speciation on the basis of reconstruction of the karyotype of dipterans in middle school in the lessons of biology is presented.

В последнее десятилетие общеобразовательная школа, в том числе и система школьного биологического образования, становится одним из центров инновационной деятельности ученых и практиков. Мощным фактором, стимулирующим инновационные поиски, выступает компетентностный подход, составляющий методологическую основу разработки государственных образовательных стандартов нового поколения. Вместе с тем изучение практики обучения показывает, что учителя биологии,

как впрочем и учителя других профилей, предпочитают придерживаться установок традиционного обучения. Среди них доминирует установка на трансляцию знаний по предмету, что создает условия для запоминания их учеником в готовом виде. Основным показателем этой модели обучения выступают результаты итоговой аттестации. Они показывают, что учащиеся успешнее справляются с заданиями, проверяющими качество усвоения знаний и умений по предмету в условиях репродуктивной деятельности,

© Филинкова Т. Н., 2011

деятельности по алгоритму. Значительно более низкими оказываются достижения учеников, связанные с выполнением задач поискового, творческого характера, не имеющего четкого алгоритма решения. В практике обучения по-прежнему главный упор делается на репродуктивное обучение. При этом развивающие возможности учебного предмета в плане освоения школьниками разных видов компетенций и формирования компетентности как обобщенного, интегрированного результата образовательной деятельности оцениваются и реализуются недостаточно.

Установки и ценности компетентного подхода подчеркивают необходимость формирования у учащихся различных видов компетенций, в том числе способности самостоятельно добывать новую информацию, структурировать ее для определенных целей, выдвигать гипотезы и решать практические задачи, социально ориентированные проблемы, самостоятельно формулировать умозаключения. В конечном итоге эти способности составляют основу самоопределения (личностного, жизненного, профессионального), саморазвития, становления компетентности школьника. Высоким развивающим потенциалом в этом плане обладает исследовательская деятельность.

Не случайно в перечне универсальных учебных действий, с формированием которых у школьников связывается реализация развивающего потенциала новых образовательных стандартов, специально выделяются исследовательские действия, при этом подчеркивается, что включение учащихся в исследовательскую деятельность служит одним из путей повышения мотивации и эффективности учебной деятельности [1].

Кроме того что исследовательская деятельность способствует освоению соответствующих умений, она развивает такие личностные качества, как само-

стоятельность, инициативность, целеустремленность, настойчивость, способность к самоорганизации, самоконтролю, наиболее востребованные в условиях компетентностного обучения.

Анализ научной педагогической и методической литературы показывает, что теоретические основы организации исследовательской деятельности, особенно в рамках традиционного обучения, обоснованы достаточно полно и разносторонне.

Так, некоторые ученые считают, что учебная исследовательская деятельность может носить характер систематической самостоятельной поисковой деятельности, способствуя усвоению школьниками выводов науки (П. Я. Гальперин, М. Г. Трошина) или характер специфического развивающего обучения, связанного с ростом числа и разнообразия исследовательских действий учащихся (А. В. Запорожец, О. Н. Лукашевич и др.).

Другие авторы утверждают, что в ходе усвоения учащимися понятий и способов деятельности, структурированных системой проблемных ситуаций, развиваются мыслительные способности школьников, прежде всего умение творчески и критически мыслить (Т. И. Аринбекова, Дж. Браус, Л. И. Вишневский, Д. Вуд, Е. В. Гришкова, Г. А. Гухман, А. И. Савенков, А. И. Смарикина, Д. Халперн и др.).

По мнению Е. С. Полат, И. А. Сасовой, И. С. Сергеева исследовательский метод познания является одним из центральных в проектной деятельности школьников. Учебно-исследовательская работа учащихся рассматривается как средство развития их творческой деятельности (В. В. Белоносова, И. Б. Карнаухова, Е. В. Мещерова и др.).

В работах Н. М. Верзилина, В. М. Корсунской, М. И. Махмутова, А. М. Матюшкина, Г. И. Щукиной, В. А. Ситарова показано, что исследовательская деятельность способствует развитию познава-

тельных интересов и личностных качеств школьников, в том числе самостоятельности. Выявление особенностей организации исследовательской деятельности учащихся в условиях компетентностного подхода является актуальной задачей и на уроках биологии.

Исходную позицию нашего исследования составляет представление о том, что способность к исследовательской деятельности и готовность ее осуществлять выступает базовой, ключевой компетентностью учащегося, поскольку обладает признаками обобщенности, междисциплинарности, интегративности, надпредметности, соответствует формуле «знать — уметь — владеть». Организация исследовательской деятельности учащихся в условиях компетентностного обучения, на наш взгляд, обладает некоторыми специфическим признаками. Укажем основные из них.

1. Исследовательская деятельность учащихся предполагает активную познавательную позицию, связанную не только с продолжительным, устойчивым интеллектуальным напряжением, но и с осознанием этого психоэмоционального состояния, что способствует обогащению «Я-концепции» учащегося. В ее содержании появляется такой новый личностно-смысловой конструкт, как «Я — исследователь».
2. Цели и задачи исследовательской деятельности определяются как личностными интересами, мотивами и предпочтениями школьников, так и социальными потребностями. В связи с этим усиливается интерес к исследованию краеведческих объектов живой природы, к изучению реальных жизненных проблем, истоки которых определяются особенностями своей местности.
3. Учителю необходимо планировать и осуществлять систематическое обучение приемам выполнения исследо-

вательской деятельности, когда сама деятельность, ее цели, средства, способы осуществления становятся предметом специального осмысления каждым учащимся. Благодаря этому реализуется основная формула компетентностного обучения: знать, не что делать, а как делать. Учитывая существенные особенности биологических объектов, мы считаем необходимым формировать исследовательскую компетентность учащихся поэтапно. Первый этап, на котором преобладает обучающая деятельность учителя, предполагает организацию эмпирического исследования. На втором этапе, когда возрастает самостоятельность учащихся, организуются теоретические исследования.

4. Учебное исследование предполагает сочетание индивидуальной и коллективной, совместно распределенной деятельности школьников. Выстраивая свои отношения со сверстниками в процессе проведения исследования, учащиеся овладевают нормами взаимоотношений с другими людьми, осваивают умения разных видов общения, обобщенным показателем которых выступает коммуникативная компетентность.
5. Уяснение сущности исследовательской деятельности и умений ее осуществлять предполагает учет индивидуальных особенностей учащихся, благодаря чему осуществляется переход от формирования отдельных приемов и способов проведения исследования к формированию индивидуальной учебно-познавательной стратегии школьника.

Учитывая определение понятия «познавательная стратегия», предложенное А. А. Плигиным [7], и уточняя его, под учебно-познавательной стратегией мы понимаем комплексную динамическую организацию способов осуществления деятельности учащегося, обусловленную

его индивидуальными внутренними особенностями и внешними требованиями, предъявляемыми к выполнению им учебной, в том числе исследовательской, деятельности. К планируемым результатам обучения школьников выполнению исследовательской деятельности относится наличие у них следующих умений:

- определять цель исследования и организовывать ее достижение, уметь пояснять, аргументировать цель;
- осуществлять планирование, анализ, рефлексию, самооценку своей учебной исследовательской деятельности, организовывать процесс учения, выбирать собственную траекторию исследования;
- ставить вопросы, связанные с наблюдаемыми фактами, отыскивать и объяснять причины явлений, обозначать свое понимание или непонимание изучаемой проблемы;
- формулировать познавательные задачи, выдвигать гипотезы, выбирать и моделировать условия проведения наблюдения, владеть измерительными умениями, работать с инструкциями, описывать результаты, решать учебно-познавательные проблемы, делать выводы;
- докладывать устно и письменно о результатах своего исследования, в том числе с использованием ИТ;
- иметь опыт выполнения различных видов деятельности, осмысливать, оценивать, структурировать его, интегрировать в содержание исследовательской деятельности.

Приступая к организации исследовательской деятельности, учитель должен определить то учебное содержание, изучение которого наиболее адекватно целям исследовательского обучения. На наш взгляд, такой темой является тема видообразования, занимающая одно из центральных мест в современной биологии. Долгое время в качестве единствен-

ного пути возникновения видов признавалось аллопатрическое видообразование с обязательным условием географической изоляции популяций одного вида [5]. Имеются обоснованные выводы в пользу существования симпатрического видообразования [6], в случае которого изоляция может быть экологической, этологической, механической, генетической.

С учетом механизмов генетической изоляции выделяется несколько путей видообразования: на основе реципрокных транслокаций целых хромосомных плеч, слияния хромосомных плеч, инверсий, делеций небольших участков, локального изменения массы ДНК в центромерных районах и в отдельных участках интеркалярного гетерохроматина, изменения транспозабельных элементов [4]. Структурные перестройки кариотипа могут привести к хромосомному видообразованию, в результате которого наступает репродуктивная изоляция новой формы.

При изучении большого раздела общей биологии «Эволюция органического мира» предполагается знакомство учащихся с современными представлениями о механизмах и закономерностях микроэволюции, результатом которой является образование новых видов. В действующих учебниках симпатрическое видообразование рассматривается с точки зрения генетической изоляции, при этом кратко и в теоретическом плане даются примеры образования новых видов за счет полиплоидизации и гибридизации, упоминаются хромосомные перестройки как основа для появления новых видов [2; 3; 8].

Вместе с тем эта тема представляет большие возможности для организации исследовательской деятельности школьников с широким привлечением краеведческих сведений. Примером тому служит изучение симпатрического видообразования на основе совершенно

нового объекта исследования — хирономид, представителей семейства отряда двукрылых насекомых (русское название — комары-звонцы, или комары-дергуны).

Гипотеза о возможности хромосомного видообразования за счет хромосомных перестроек получила полное подтверждение при изучении эволюции видов данного семейства [10].

Представители хирономид обладают политенными хромосомами, которые являются интерфазными, состоят из множества хроматид, имеют характерный рисунок поперечной исчерченности, при этом гомологи, как правило, тесно конъюгируют.

Кроме перечисленных особенностей, политенные хромосомы, как и другие эукариотические хромосомы, имеют центромерные районы и хромосомные плечи. Все перечисленные морфологические особенности строения политенных хромосом исследуются на микропрепаратах, изготовленных самими учащимися.

Для организации исследовательской деятельности нами разработан практикум, включающий проведение комплекса лабораторных занятий. Все они предполагают проведение учащимися систематических исследований эмпирического и теоретического характера.

Эмпирические исследования имеют целью установление новых фактов. Их изучение, анализ, обобщение создают необходимую эмпирическую базу для установления связей, эмпирических зависимостей.

Опыт проведения исследовательских лабораторных занятий показывает, что освоение приемов, способов, необходимых для эмпирического исследования, а также этапы его проведения эффективнее осуществляются при организации работы малыми группами, которая предполагает, что учащиеся осваивают предметные биологические знания (ког-

нитивный компонент исследовательской компетентности), умение осуществлять исследовательскую деятельность (операционально-деятельностный элемент компетентности), развитие регулятивных умений (контрольно-регулятивный элемент исследовательской компетентности). Последние включают умения учащихся организовать в процессе исследования совместные действия (распределение функций, задач в группе), умения взаимодействовать друг с другом (выслушивание, анализ, оценка, принятие или опровержение других точек зрения и т. д.).

Краткое описание этапов организации эмпирического исследования, планируемых результатов обучения занятий практикума, системообразующей целью которых выступает формирование у учащихся исследовательской компетентности, приведено в таблице.

Таким образом, в процессе лабораторных занятий учащиеся приобретают умения анатомирования и микроскопирования, учатся проводить видовую диагностику на основе морфологических и кариотипических признаков, имеют возможность наглядно ознакомиться с деталями строения эукариотических хромосом, а также изучить на реальных хромосомах виды хромосомных перестроек.

Все перечисленные предметные (биологические) умения формируются в общем контексте выполнения эмпирического исследования и включаются в общую структуру исследовательской компетентности учащихся.

Кроме того, полученные микропрепараты политенных хромосом как результат исследовательской деятельности учащихся в сочетании с демонстрацией других микропрепаратов, фотографий, рисунков, цветных моделей политенных хромосом далее используются при проведении урока по теме «Видообразование как результат микроэволюции».

Развитие исследовательской компетентности учащихся в системе учебных занятий практикума
(фрагмент)

Тема занятия, этап проведения исследования	Образовательные цели занятия	Планируемые результаты, развитие исследовательской компетентности учащихся
Вводное. I этап: создание проблемной ситуации, формулирование проблемы и выдвижение гипотезы исследования	- познакомить со значением изучения морфологии хромосом, особенностями их строения, типами хромосомных перестроек - познакомить с методикой фиксации биологического материала, анатомирования, изготовления давленных препаратов политенных хромосом - мотивировать на проведение учебного исследования и сформировать исходные умения его выполнения - провести инструктаж по технике безопасности	- знает некоторые наиболее существенные научные объяснения механизмов микроразволюции и закономерностей ее проявления на генетическом уровне - способен осознавать цели и особенности исследовательской деятельности в целом и уметь пояснить их конкретными задачами - умеет выделить и сформулировать проблему исследования, аргументировать ее актуальность - умеет определять цель исследования, удерживать цель в процессе проведения исследования и организовывать ее достижение - готов к выполнению исследовательской деятельности (сформирован мотивационно-целевой компонент компетентности)
Изучение внешнего строения личинок хирономид рода <i>Chironomus</i> . II этап: подготовка к проведению исследования (выделение биологического материала исследования, определение параметров оценки и анализа)	- изучить особенности морфологии личинок - освоить методику их фиксации, приготовления раствора Карнуа - продолжить формирование описательных умений морфологических параметров биологических объектов - обучить приемам наблюдения как основного метода сбора исходных эмпирических фактов	- умеет самостоятельно добывать информацию - способен к самостоятельной учебно-познавательной деятельности как индивидуально, так и в группе - осознает себя субъектом исследовательской деятельности - владеет приемами эмпирического исследования
Анатомирование биологических объектов (извлечение слюнных желёз личинок комаров рода <i>Chironomus</i>). III этап: поиск решения проблемы	- овладеть умениями анатомирования, извлечения слюнных желёз, обучение приемам проводить дифференцировку внутренних органов личинок комаров рода <i>Chironomus</i> (отличать слюнные железы от других анатомических объектов) - продолжить формирование описательных навыков морфологических параметров биологических объектов - овладеть методикой приготовления раствора орсеина	- способен составлять план деятельности с учетом поставленной цели - умеет делать выводы и использовать знания в нестандартных ситуациях - умеет применять знания в практических целях - умеет выделять главное и второстепенное, анализировать, обобщать факты, полученные в процессе эмпирического исследования
Изготовление микропрепарата политенных хромосом. IV этап: проведение исследования, первичное изложение результатов	освоить методику изготовления давленных препаратов на примере микропрепарата политенных хромосом	- проявляет инициативу при определении способов и средств исследовательской деятельности - способен к прогнозированию - способен составить маршрут собственного продвижения в рамках исследовательской деятельности
Изучение морфологии хромосом. V этап: окончание исследования, обобщение результатов, их обсуждение и оценка, планирование дальнейших направлений исследования	изучить хромосомы и их строение на приготовленных препаратах, продолжить формирование описательных навыков морфологических параметров биологических объектов на примере описания морфологических характеристик политенных хромосом	- взаимодействует с другими учениками в процессе исследования - отстаивает свою позицию - принимает или аргументированно отклоняет точки зрения других исследователей - способен обобщать, сопоставлять факты и формулировать новые знания, обобщенные как результат исследования

Одним из примеров проведения теоретического исследования служит изучение симпатрического видообразования на примере хромосомных перестроек. Теоретическое исследование опирается на сформированный у учеников опыт исследовательской деятельности и имеет целью выделение и формулирование общих закономерностей, позволяющих объяснить ранее открытые факты и эмпирические зависимости.

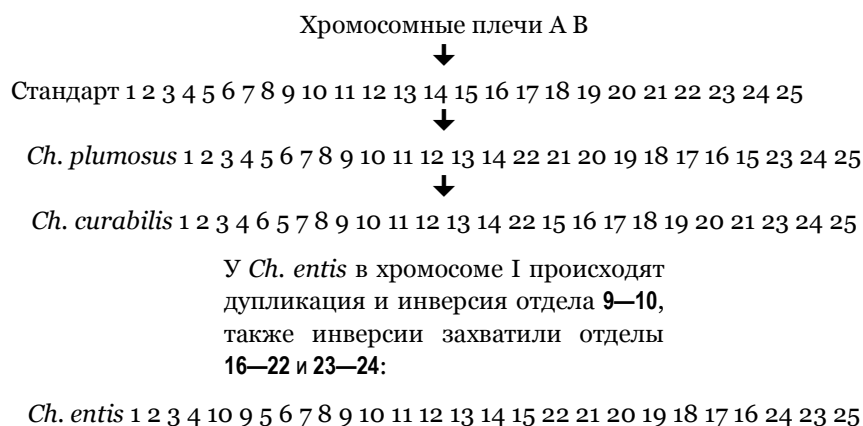
С этой целью нами были собраны личинки хирономид рода *Chironomus* в Бакряжском пруду Ачитского района Свердловской области (личинки можно собрать в любом водоеме). Внешне все личинки были очень похожи, поэтому у них исследовался кариотип. Среди совершенно неотличимых друг от друга личинок учащиеся выделили три вида комаров-звонцов: *Chironomus plumosus*, *Chironomus curabilis* и *Chironomus entis*.

Все три вида имеют в кариотипе по 8 хромосом. Хромосомы делятся на пары, при этом у каждой пары хромосом свой номер. Три пары — это длинные двуплечие хромосомы и одна пара, четвертая, — это короткая одноплечая хромосома. Сравнивая первые хромосомы у трех ви-

дов, учащиеся выявляют, что первая хромосома является метацентрической и имеет два хромосомных плеча. Одно хромосомное плечо обозначается буквой «А», другое — буквой «В». Каждое хромосомное плечо на основе характерной поперечной исчерченности поделено на отделы, которые принято обозначать арабскими цифрами.

При этом существует порядок отделов, условно принятый за стандарт. Стрелками обозначают центромерные районы. Для удобства и наглядности на уроке используются модели хромосомы из цветного картона, на которых каждый отдел хромосомы имеет свой цвет. При инверсии отдел вырезается и переворачивается на 180° в случае дупликации соответствующий отдел добавляется. Школьники анализируют предложенные учителем схемы хромосом и указывают имеющиеся отличия в кариотипах исследуемых видов.

Так например, инверсия произошла в отделе 5—6 первой хромосомы *Ch. curabilis*, а порядок дисков в плече В образовался путем поочередно происходивших гомозиготных инверсий относительно кариотипа *Ch. plumosus*:



Учащиеся убеждаются, что в первых хромосомах трех видов произошли изменения. Аналогичные изменения наблюдаются и в остальных хромосомах.

Выявляется основной механизм видообразования: 1) сначала образуются гетерозиготные мутации; 2) затем они переходят в фиксированное гомозиготное

состояние; 3) происходящие изменения в геномном служат основной причиной образования новых видов.

Другой пример, на основе которого учащиеся могут провести теоретическое исследование и продолжить изучение симпатрического видообразования, связан с уменьшением числа хромосом за счет слияний целых хромосомных плеч. Изменение числа хромосом является важным эволюционным событием и имеет приспособительный характер. Анализируя, сопоставляя, оценивая различные факты, учащиеся приходят к следующим выводам:

- 1) увеличение числа хромосом вызывает действие дестабилизирующего отбора;
- 2) снижение числа хромосом уменьшает комбинативную изменчивость, т. е. способствует действию стабилизирующего отбора;
- 3) при относительно большом количестве хромосом возрастает возможность возникновения рекомбинаций;
- 4) малое число хромосом ограничивает или вовсе исключает возможность рекомбинации.

Общий вывод состоит в том, что устойчивость кариотипа тем выше, чем меньше в нем хромосом.

На Полярном Урале нами была обнаружена пара симпатрично обитающих новых для науки видов *Chironomus fundatus* и *Chironomus wulkeri* [9].

У *Ch. fundatus* сочетание хромосомных плеч AF, CD, BE, G, т. е. $2n = 8$, а у *Ch. wulkeri* сочетание хромосомных плеч AF, CD, BEG и $2n = 6$. Данные сравнительной цитогенетики обнаружили происхождение кариотипа *Ch. wulkeri* в результате тандемного соединения плеч E и G в кариотипе *Ch. fundatus*.

Виды *Ch. fundatus* и *Ch. wulkeri* хорошо отличаются друг от друга по особенностям строения кариотипа, а также на стадии имаго и куколки, но морфологический диагноз этих видов на личиноч-

ной стадии затруднителен. Учащиеся, опираясь на литературные данные [9], проводят сравнительно-морфологический анализ личинок видов *Ch. fundatus* и *Ch. wulkeri* по некоторым качественным и количественным признакам. Например, им предлагается сопоставить длину тела личинок, наличие, длину и форму латеральных и вентральных отростков, пигментацию и морфометрические показатели фронтального и гулярного склеритов и т. д. По итогам сравнения учащиеся делают вывод о высокой степени морфологического сходства симпатрично обитающих видов *Ch. fundatus* и *Ch. wulkeri*.

Далее учащиеся, используя данные по цитогенетике [9], проводят сравнительный кариотипический анализ исследуемых видов по следующим признакам: число хромосом, выраженность центромерных районов, особенности поперечной исчерченности хромосом. Исследуя кариотипы, они делают вывод о родстве изучаемых видов, так как виды имеют сходный рисунок поперечной исчерченности хромосом, при этом именно на хромосомном уровне виды хорошо дифференцируются по степени развития центромерных районов и числу хромосом.

Учащиеся убеждаются, что один вид имеет 8 хромосом и сочетание хромосомных плеч AF, CD, BE, G, а производный от него вид имеет шесть хромосом и сочетание хромосомных плеч AF, CD, BEG, т. е. одноплечая хромосома присоединилась к одной из двуплечих хромосом. На этом основании делается вывод о том, что данная мутация оказалась полезной с точки зрения естественного отбора и привела к появлению нового вида.

Таким образом, изучение процессов видообразования на основе структурных перестроек кариотипа с привлечением краеведческого материала является наглядным и доступным, имеет высокий

развивающий эффект. Предложенная методика направлена не только на углубление и систематизацию биологических знаний и умений, но и на интеллек-

туальное развитие учащихся, формирование у них исследовательской компетентности.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. АСМОЛОВ А. Г., БУРМЕНСКАЯ Г. В., ВОЛОДАРСКАЯ И. А. и др. Формирование универсальных учебных действий в основной школе : от действия к мысли. Система заданий : пособие для учителя. М. : Просвещение, 2010.
2. ЗАХАРОВ В. Б., МАМОНТОВ С. Г., СОНИН Н. И. Биология. Общие закономерности : учеб. для 10—11 кл. общеобр. учеб. заведений. М. : Дрофа, 2005.
3. КАМЕНСКИЙ А. А., КРИКСУНОВ Е. А., ПАСЕЧНИК В. В. Общая биология. 10—11 классы : учеб. для общеобразовательных учреждений. М. : Дрофа, 2008.
4. КИКНАДЗЕ И. И., ШИЛОВА А. И., КЕРКИС И. Е., ШОБАНОВ Н. А., ЗЕЛЕНЦОВ Н. И., ГРЕБЕНЮК Л. И., ИСТОМИНА А. Г., ПРАСОЛОВ В. А. Кариотипы и морфология личинок трибы Chironomini : атлас. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991.
5. МАЙЕР Э. Принципы зоологической систематики. М. : Мир, 1971.
6. МЕДНИКОВ Б. М. Дарвинизм XX века. М. : Мир, 1975.
7. ПЛИГИН А. А. Познавательные стратегии школьников : моногр. М. : Профит Стайл, 2007.
8. ПОНОМАРЕВА И. Н., КОРНИЛОВА О. А., ЧЕРНОВА Н. М. Основы общей биологии. 9 класс : учеб. для учащихся 9 класса общеобр. учр. М : Вентана-Граф, 2005.
9. ФИЛИНKOBA Т. Н., БЕЛЯНИНА С. И. Характеристика двух северных видов комаров-звонцов рода Chironomus (Diptera, Chironomidae) // Зоол. журн. 1993. Т. 72, вып. 10.
10. WULKER W. Karyosystematics and morphology of two north European species of the Chironomus. matures — Complex (Diptera — Chironomidae) // Entomol. Gener. 1985. Vol. 10, № 2.

Статью рекомендует д-р пед. наук, проф. С. Н. Поздняк