

# БИОЛОГИЯ

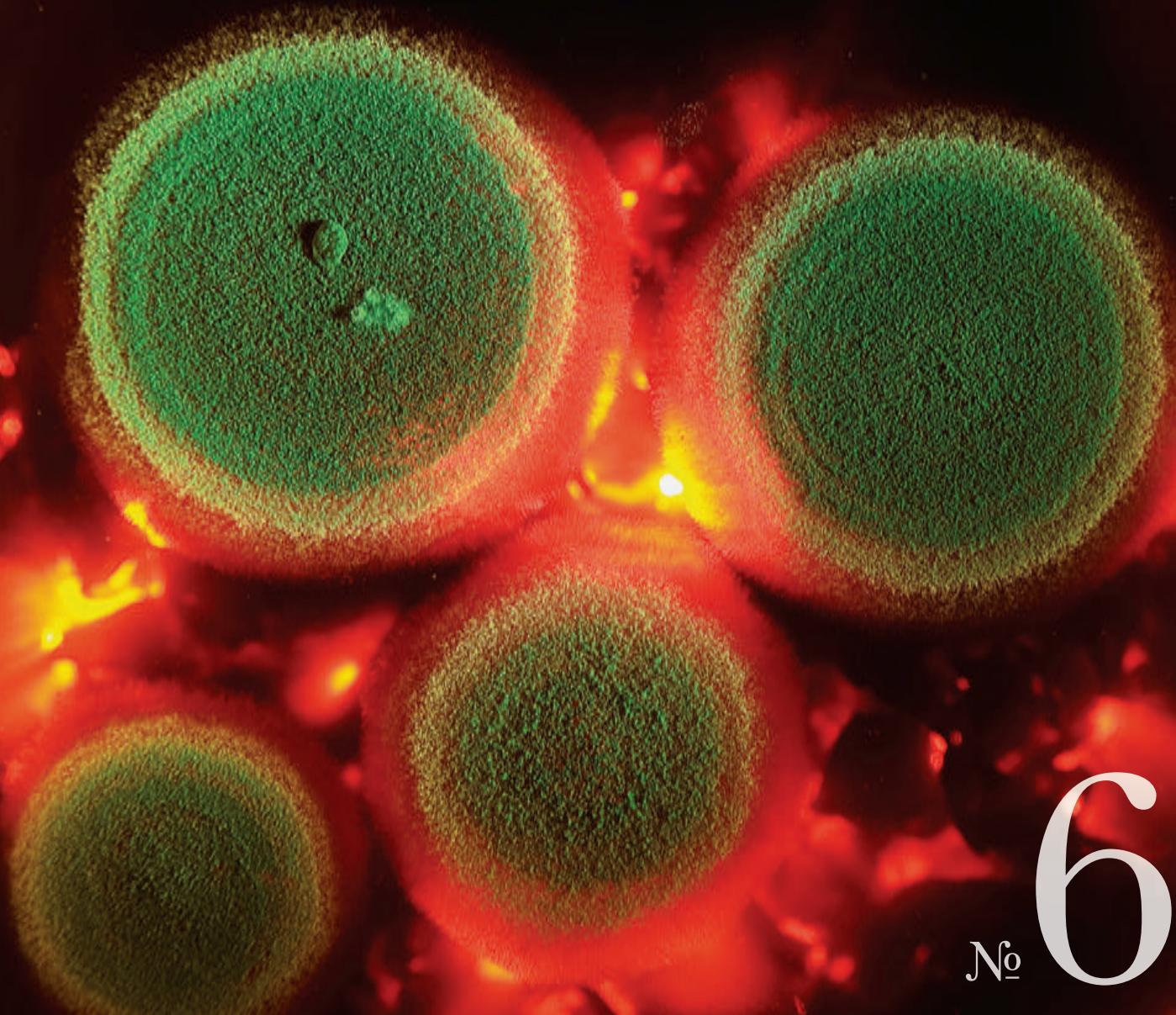
основана в 1992 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ ГАЗЕТА ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ БИОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

16-31 марта 2011

bio.1september.ru

## О плесени и не только



№ 6

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ

**Первое сентября**

1september.ru

БИОЛОГИЯ индексы подписки Почта России – 79005 (инд.); – 79569 (орг.) Роспечать – 32026 (инд.); – 32588 (орг.)

# В НоМере:

## Зоология

Загадки птичьих миграций ..... 3–11

Галерея чемпионов ..... 24–25

## Ботаника

Противоречия в эволюции растений ..... 12–19

## Общая биология

Плесень под микроскопом ..... 20–22

Экзайтотоксические соединения ..... 34–40

## Экология

Болота ..... 26–30

## Это интересно

О болотах только факты ..... 31

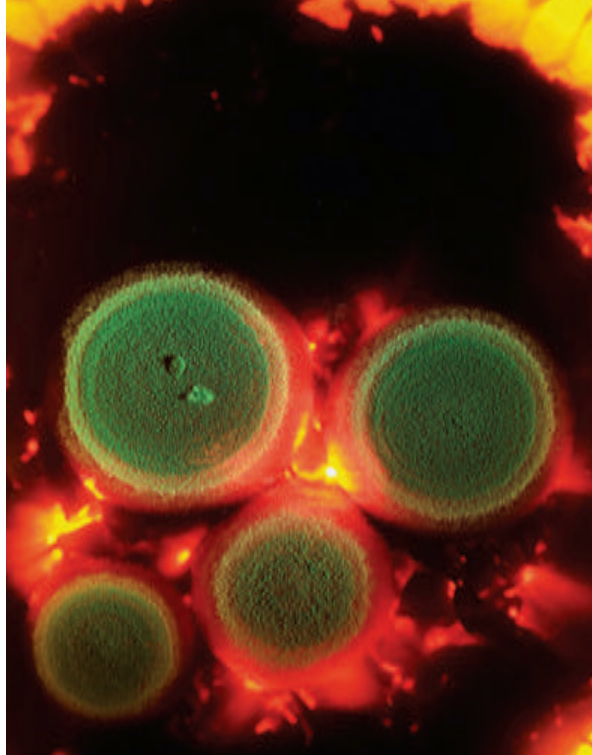
## Копилка опыта

Мониторинг восстановления болот ..... 32–33

## Детские работы

Энергосбережение и экология ..... 41–45

..... Материалы к статье на CD к № 8/2011



## Дидактические материалы

Викторина «На грани выживания» ..... 46–47

## Уважаемые читатели!

Обращаем ваше внимание, что в этом номере на с. 24–25 мы поместили разворот с птичьей «Галереей чемпионов», который можно использовать для оформления стенда в кабинете биологии. Такой же центральный разворот в № 4/2011 был посвящен трясогузкам.

Редакция «Биологии»

## БИОЛОГИЯ

Учебно-методическая и научно-популярная газета для преподавателей биологии, экологии и естествознания

Основана в 1992 г.

Выходит два раза в месяц

### РЕДАКЦИЯ:

гл. редактор Н.ИВАНОВА  
зам. гл. редактора А.ЩЕЛКУНОВА  
редакторы Н.ФЕОКТИСТОВА,

Л.ЯКОВЕНКО,  
И.МЕЩЕРСКИЙ

Дизайн макета И.ЛУКЪЯНОВ

верстка Н.ШТАПЕНКО

корректор Г.ЛЕВИНА

Фото: фотобанк Shutterstock

Газета распространяется по подписке

Цена свободная Тираж 3000 экз.

Тел. редакции: (499) 249-0640

Тел./факс: (499) 249-3138

E-mail: bio@1september.ru

Сайт: bio.1september.ru

### ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

#### Главный редактор:

Артем Соловейчик  
(Генеральный директор)

#### Коммерческая деятельность:

Константин Шмарковский  
(Финансовый директор)

#### Развитие, IT

и координация проектов:  
Сергей Островский  
(Исполнительный директор)

#### Реклама и продвижение:

Марк Сартан

#### Мультимедиа, конференции и техническое обеспечение:

Павел Кузнецов

#### Производство:

Станислав Савельев

#### Административно-хозяйственное обеспечение:

Андрей Ушков

#### Дизайн:

Иван Лукьянов, Андрей Балдин

#### Педагогический университет:

Валерия Арсланян (ректор)

### ГАЗЕТЫ

#### ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

**Первое сентября** – Е.Бирюкова,

**Английский язык** – А.Громушкина,

**Библиотека в школе** – О.Громова,

**Биология** – Н.Иванова,

**География** – О.Коротова,

**Дошкольное образование** – М.Аромштам,

**Здоровье детей** – Н.Сёмина,

**Информатика** – С.Островский,

**Искусство** – М.Сартан,

**История** – А.Савельев,

**Классное руководство**

**и воспитание школьников** – О.Леонтьева,

**Литература** – С.Волков,

**Математика** – Л.Рослова,

**Начальная школа** – М.Соловейчик,

**Немецкий язык** – М.Бузоева,

**Русский язык** – Л.Гончар,

**Спорт в школе** – О.Леонтьева,

**Управление школой** – Я.Сартан,

**Физика** – Н.Козлова,

**Французский язык** – Г.Чесновицкая,

**Химия** – О.Блохина,

**Школьный психолог** – И.Вачков

### УЧРЕДИТЕЛЬ:

ООО «ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»

Зарегистрировано

ПИ № 77-7241 от 12.04.01

в Министерстве РФ

по делам печати

Подписано в печать:

по графику 16.02.11,

фактически 16.02.11

Заказ №

Отпечатано в ОАО «Чеховский

полиграфический комбинат»

ул. Полиграфистов, д. 1,

Московская область,

г. Чехов, 142300

### АДРЕС РЕДАКЦИИ

И ИЗДАТЕЛЯ:

ул. Киевская, д. 24,

Москва, 121165

Тел./факс: (499) 249-3138

Отдел рекламы:

(499) 249-9870

Сайт: 1september.ru

### ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:

Телефон: (499) 249-4758

E-mail: podpiska@1september.ru

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ: Роспечать: инд. – 32026; орг. – 32588 Почта России: инд. – 79005; орг. – 79569



Документооборот Издательского дома «Первое сентября» защищен антивирусной программой Dr.Web

# Загадки ПТИЧЬИХ миграций

**Е.Д. Краснова,**

к.б.н., биологический факультет  
МГУ им. М.В. Ломоносова

Каждую весну миллиарды птиц летят к местам гнездования. Днем и ночью, стаями и поодиночке они неудержимо тянутся к северу. Год за годом, век за веком, тысячелетиями. И даже миллионы лет назад, когда на Земле еще не было людей и некому было восхищаться величием происходящего, птицы уже совершали свои миграции. Почему? За кажущейся простотой вопроса скрывается множество загадок, над которыми до сих пор ломают головы ученые всего мира.

## КУДА ЛЕТИМ?

Жителям северных широт России не нужно объяснять, что зимой там птицам холодно и голодно. Все верно: регулярная охота к перемене мест у птиц действительно связана с сезонными изменениями климата. Но все же о том, почему птицы выбирают именно такие, а не другие направления и пункты назначения, мы знаем далеко не всё.

Во-первых, общепринятое представление, что птицы перемещаются с севера на юг, не совсем верно. Большинство пернатых из высоких широт и средней полосы улетает в южные края, но направление полета далеко не всегда параллельно стрелке компаса. Более того, птицы летят не по прямой и не кратчайшим путем, а по сложным траекториям, разным у каждого вида. Водоплавающие птицы нередко придерживаются водных магистралей – крупных рек, каскадов озер и болот меридионального направления, и их пути могут повторять изгибы этих естественных ориентиров. Мелкие певчие птицы прокладывают маршруты над лесными массивами, а в лесостепной зоне и в освоенных сельскохозяйственных районах – над цепочками лесных островков. Не так давно промелькнуло сообщение, что птичьи стаи, летящие ночью, могут следовать вдоль залитых светом автострад. Крупные птицы с парящим полетом, чтобы набрать высоту, нуждаются в местах с восходящими воздушными





Северные галки

ми потоками и планируют от одного такого участка к другому по затайливой петляющей траектории.

Серьезные искривления маршрута могут быть связаны с естественными преградами. Птицы обычно избегают перелетов через широкие водные пространства и, долетев до моря, поворачивают туда, где оно поуже. Места таких сужений могут служить для птичьего потока «бутылочными горлышками», через которые дважды в год пролетают все птицы с огромных гнездовых и зимовочных пространств. Для птичьего населения Европы, пересекающего Средиземное море, такими узкими местами служат проливы Гибралтар и Дарданеллы. Осенью возле Босфора собирается невероятное количество хищных птиц: здесь они набирают высоту для «прыжка» через море в Азию. Орнитологи, которые ведут учет пролетающих птиц, испытывают серьезные трудности: попробуйте пересчитать несколько тысяч парящих орлов, чье кружение напоминает комариный рой!

Кривизна траектории может быть связана с необходимостью обогнуть горный массив. Одна из таких преград – Кавказский хребет, и мигранты вынуждены «жаться» к побережьям Черного и Каспийского морей, где тоже возникают своего рода «бутылочные горлышки» пролета.

У некоторых птиц маршруты «туда» и «обратно» не совпадают, орнитологи называют такие пути миграции *петлеобразными*, или *кольцевыми*. При кольцевых миграциях у птиц, обитающих в Европе, весенний маршрут, как правило, пролегает восточнее, чем осенний, отклонение может достигать десятков и сотен километров. «Петля» есть у деревенской ласточки в средиземноморской части ее маршрута, а также у иволги, сизоворонки, сорокопуга-жулана. Одни ученые объясняют их сезонными ветрами, другие в осенней траектории видят повторение исторических путей вселения в гнездовые области, своего рода «память вида», а весенний перелет, когда птицы спешат к местам гнездовий, происходит по кратчайшему пути. Среди чемпионов по размерам миграционной петли – бурокрылая ржанка. Это небольшой кулик, американский родственник нашей золотистой ржанки, обитающей на севере России. Миграционный путь бурокрылой ржанки – впечатляющий тур вдоль всей оси Нового Света. Из тундр Аляски и севера Канады эти кулики слетаются к востоку на Лабрадор, чтобы оттуда гигантским межконтинентальным броском достичь Бразилии и Аргентины. Птички весом всего около 150 г без посадки преодолевают над морем почти 3900 км. На обратном пути таких



1 – кулик лопатень, 2 – обыкновенная каменка, 3 – тонкоклювый буревестник, 4 – деревенская ласточка

подвигов они не совершают. Летя к северу, они придерживаются суши и пролетают над всей Южной, Центральной и Северной Америкой, поскольку весной кормовые условия там несравненно лучше, чем осенью. Еще размашистее петля у тонкоклювого буревестника. Для гнездования эти птицы собираются в огромные колонии на побережьях Южной Австралии и Тасмании. Когда птенцы встают на крыло, буревестники отправляются в путешествие вокруг Тихого океана: сначала вдоль западного берега до Берингова моря, потом параллельно американскому берегу до южной Калифорнии, оттуда через океан к Новой Зеландии, после чего возвращаются к гнездовым участкам.

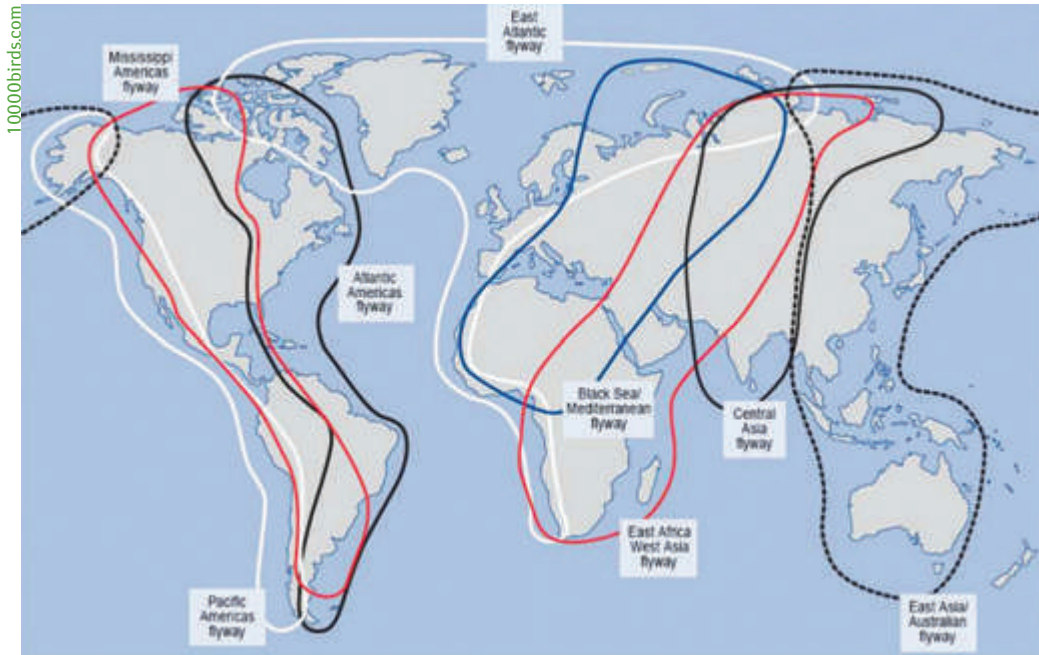
Все перечисленные примеры так или иначе связаны с перемещениями в меридиональном направлении. Но бывают и широтные миграции. Один из самых насыщенных пролетных путей Европы, которым птицы из арктических тундр России следуют на зимовки Западной Европы, беломоро-балтийский, ориентирован с запада на восток. Любопытно, что с севера Западной Сибири одни виды птиц летят на запад, а другие огибают Урал с востока и движутся на юг к Каспию, к зимовкам Ближнего Востока и Африки. Чем объясняется выбор направления? Одна из версий связана с историей послеледникового расселения птиц. По мере того как отступал ледник, они постепенно осваивали новые земли. Одни виды

вселялись с юга, а другие – с запада. Птенцы, рожденные на новой территории, запомнили образ своей родины и место ее нахождения, чтобы после зимних «каникул» уверенно найти обратную дорогу, продолжить род и закрепить миграционные традиции.

Но разнообразием перелетных траекторий орнитологические загадки не исчерпываются. Большинство птиц улетает гораздо дальше, чем необходимо, чтобы достичь теплых кормных мест. Деревенские ласточки, или касатки, – привычные спутники сельских жителей, из европейской части России на зиму улетают в Южную Африку, минуя ласковое Средиземноморье, где некоторые другие беженцы из Европы благополучно проводят зиму. Мало того, с риском для жизни они перелетают через знойную Сахару. Чем их так манят африканские дали? Еще труднее объяснить пристрастие к африканским зимовкам птиц из Сибири: ведь им гораздо ближе лететь в южные районы своего материка. И таких видов множество: из 80 видов дальних мигрантов, гнездящихся в Западной Сибири, 37 проводят зиму в Индии, а 33 – в Африке.

Птицы южного полушария по наступлении фенологической осени улетают в северном направлении симметрично тому, как это бывает в северном полушарии. Таких видов относительно немного, ведь и площадь суши к югу от экватора меньше. Живущие высоко в горах на время зимы спускаются ниже или в предгорья, эти миграции называют *вертикальными*. Мигрирующие птицы есть и среди тропических, только улетают они на меньшие





Основные  
пролетные  
пути

расстояния. Но там, где условия среды относительно постоянны, большинство ведет оседлый образ жизни.

Выбор пути перелета нацелен на оптимизацию расходов птичьей энергии. Одним видам выгодно спрямить траекторию и сделать дальний бросок, другим приходится заложить крюк, обходя препятствия, третьим необходимо делать остановки для отдыха. Мелкие певчие птицы могут лететь несколько часов подряд, преодолевая за сутки до 500 км, а потом останавливаются на день или на несколько дней, чтобы подкрепиться. Подходящих для этого мест, как правило, много. Околоводным птицам труднее, ведь им нужны водоемы с определенными параметрами: одним – глубокие, другим, наоборот, с отмелями и, главное – с подходящей пищей. У таких видов маршрут представляет собой серию длинных «прыжков». От одной остановки до следующей птицам, бывает, приходится лететь несколько дней. Участки, на которых собирается особенно много птиц, получают статус *ключевых орнитологических территорий*, которые учитывают

#### Немного статистики

Из 9856 видов птиц, существующих в мире, 1855 относятся к перелетным. Скорость полета во время миграции у мелких видов почти 30 км/ч, у крупных – около 80 км/ч. Птицы могут лететь без перерыва несколько суток и преодолевать до 4000 км. Средняя высота полета около 5 км, но большинство летят гораздо ниже. По статистике 75% всех случаев столкновений птиц с самолетами произошло не выше 300 м, 20% – от 300 до 1500 м, и лишь 5% – выше 1500.

при создании заказников, заповедников и при разработке хозяйственных планов.

Миграции разных видов птиц различаются не только маршрутами, но и пространственной организацией. Одни виды летят узкими потоками, в частности птицы-парители, такие как орлы или аисты, поскольку восходящие воздушные потоки образуются далеко не везде. Мигранты с машущим полетом летят широким фронтом, но и для их перелетов одни места более удобны, а другие – менее, поэтому кое-где возникают сгущения потоков, которые могут сливаться и разветвляться. Самые удачные природные коридоры обычно используются сразу многими видами, и знать их очень важно для разработки мер по охране птиц.

А так ли хорошо мы понимаем, почему птицы весной возвращаются? Почему не хотят навеки поселиться в местах южных зимовок? Ссылка на исторические традиции, закрепленные инстинктом, мало что проясняет. Нужно понять, чем привлекательны для птиц северные края. У орнитологов есть для этого несколько ответов. Например, существует мнение, что движущий мотив всего миграционного цикла нужно искать не в осеннем бегстве к теплу и достатку, а в весеннем перемещении к северу, и основная причина миграции – стремление к сезонному изобию корма. В сыром прохладном климате умеренных широт и Арктики в огромных количествах плодятся насекомые, у которых личинки развиваются в водной среде. Это замечательная белковая пища для вскармливания птенцов. Не хуже диетические свойства и у водных беспозвоночных, которых легко добывать на мелководьях северных морей. Приливно-отливная зона, приморские марши и дельты крупных рек (а в Северный Ледовитый океан их впадает много) – раздолье для водопла-



birdphoto.ru/online.com

вающих птиц, ориентированных на поедание зеленого корма и рыбы. Но не только пища привлекает мигрантов. Северные широты замечательны еще и тем, что летом светлое время суток, когда родители могут собирать корм для птенцов, там длиннее, чем на юге. А в Заполярье летом и вовсе не темнеет.

### ОХРАНЯТЬ ВСЕМ МИРОМ

Птицы не знают границ. Их пролетные пути пролегают по территориям многих государств разных континентов. Усилия тех, кто охраняет птиц, окажутся напрасными, если в одной стране их будут беречь, а в другой истреблять. Охрана птиц немислима без международной кооперации, и самый разумный путь – объединять усилия тех стран, которые находятся на одном пролетном пути. На основании данных о миграциях множества видов ученые выделили восемь обобщенных пролетных путей: восточно-атлантический, средиземноморско-черноморский, западноазиатско-африканский, центральноазиатский, восточноазиатско-австралийский и три пролетных пути через Америку: тихоокеанский, миссисипский и американский ат-



birdphoto.ru

лантический. Страны каждого пролетного пути подписывают международные конвенции, где закреплены их обязательства по охране мигрирующих птиц.

Главное соглашение – *Боннская конвенция по охране наземных и морских мигрирующих животных*, подписанная в 1979 г. в рамках Программы ООН по окружающей среде и вступившая в силу в 1983 г. Конвенция утвердила два важных списка: перечень мигрирующих видов, которым угрожает исчезновение (это так называемое Приложение

Гусь пискалька



ние I), и список мигрирующих видов, для охраны которых необходимо международное сотрудничество. К этой конвенции наша страна, к сожалению, не присоединилась, хотя по ее просторам проходят все пять евразийских пролетных путей.

**1.** Восточно-атлантический путь тянется вдоль побережья Атлантики от Африки к северу Европы, вдоль побережья Северного Ледовитого океана до полуострова Таймыр, а на западе заходит в Северную Америку, охватывая Гренландию и Канадский Арктический архипелаг. Именно к этому пролетному пути относится западный поток каменок (подробнее об этой героической птице см. ниже).

**2.** Средиземноморско-черноморский пролетный путь, который используют живущие в Европе деревенские ласточки и белые аисты, объединяет гнездовые области птиц севера и центра Европы с африканскими зимовками.

**3.** Западноазиатско-африканский пролетный путь соединяет Арктику от Ямала до Новосибирских островов с востоком Африки и Ближним Востоком. Эти три пути входят в зону действия Соглашения по охране афроазиатских мигрирующих водно-болотных птиц (African Eurasian migratory waterbird agreement, AEWA), но Россия в нем пока не участвует.

**4.** Центрально-азиатский – включает гнездовые области лаптевского сектора Арктики и прилегающих частей морей Карского и Восточно-Сибирского и пролегает через весь азиатский континент в Индию. Этот миграционный путь обеспечивает существование горных гусей – экстремалов высотных полетов, перелетающих над Гималаями, и множества других редких птиц, например черного журавля и кречетки. Меры по охране птиц на этом пролетном пути регулирует международный «План действий по центральноазиатским миграционным маршрутам для сохранения мигрирующих водоплавающих птиц и ареалов их обитания», принятый в 2005 г.

**5.** Восточноазиатско-австралийский путь простирается от Аляски и российского Дальнего Востока через Восточную и Юго-Восточную Азию до Австралии и Новой Зеландии. В числе самых известных представителей этого пролетного пути – кулик-лопатень, маленькая, забавного облика птичка, которая в последние годы оказалась в критическом состоянии из-за неконтролируемой добычи в странах Юго-Восточной Азии. Для охраны птиц, мигрирующих по этому пролетному пути, в 2006 г. было создано Международное партнерство, куда вошло 10 государств, включая Россию.

## ТРУДНОСТИ СКИТАНИЙ

Жизнь перелетных птиц очень непроста. По данным секретариата Конвенции по мигрирующим птицам, за период с 1978 по 2000 г. почти половина видов перелетных птиц сократилась в численности, а 4% вовсе исчезли. Дальние мигранты страдают больше, чем птицы с короткими маршрутами. Главная проблема, с которой сталкивается 80% всех мигрирующих видов, – изменения на сельскохозяйственных землях. Это и распашка лугов, и фрагментация природных ландшафтов, и перевыпас скота. К трагическим последствиям может привести промышленный вылов кормовых беспозвоночных, как случилось с исландскими песочниками в Канаде. Их поголовье уменьшилось впятеро из-за истребления мечехвостов, чьими икринками кулики подкреплялись во время передышек и которые, на беду, слишком приглянулись рыболовам в качестве наживки. Аналогичная история произошла и с европейским подвигом исландского песочника, не выдержавшим конкуренции за кормовых моллюсков с фермерами. Строительство дамб, осушительные работы и спрямление речных русел могут кардинально изменить облик места обитания и сделать его непригодным для птиц. Как это бывает, мы знаем не понаслышке – вспомним трагедию Аральского моря, которое исчезло с лица земли вместе с зимовками водоплавающих, когда воду впадающих рек разобрали на оросительные нужды. Особая проблема – высотные сооружения, возводимые человеком. В США подсчитали, что за год от столкновения с разного рода искусственными преградами погибает 4–5 млн птиц, особенно летящих ночью и нацеленных на дальние расстояния. Массовое строительство ветряных электростанций, казалось бы очень прогрессивных с экологической точки зрения, может создавать негативный эффект, если их устанавливают в местах концентрированного пролета птиц. С такой проблемой недавно столкнулись на черноморском побережье Болгарии. Для дневных хищных птиц есть еще одна серьезная опасность: линии электропередач, не оснащенные специальной защитой. Усталые птицы садятся на провода, а при взлете, коснувшись их крыльями, получают мощный электрический удар.

И, разумеется, охота, особенно на пути весенней миграции, которую защитники птиц расценивают как уничтожение семенного фонда. Вспоминая о видах, вымерших из-за охоты, обычно упоминают странствующего голубя. Но есть и другие. Эскимосский крош-

неп – небольшой кулик, гнездившийся в тундрах Северной Америки, некогда был одной из самых многочисленных птиц мира. Тем не менее всего за два десятилетия на рубеже XIX и XX вв. американские фермеры довели его до грани исчезновения. Себе на беду эти птицы отличались невиданной отвагой: они не бросали подбитых собратьев и пытались защитить их от охотников. Что облегчало стрелкам их черную работу\*. Страдать от охоты могут даже те виды, на которые она запрещена, и не обязательно по вине браконьеров. Гусь пискулька на свою беду очень похож на обычный охотничий вид – белолобого гуся и попадает под выстрел случайно. Цена ошибок, сделанных охотниками, усугубляемая беспокойством на гнездовьях от туристов и рыбаков, ужасает: за последние 30 лет от прежних сотен тысяч пискулек во всем мире осталось всего 3800–5500 пар.

### МИГРАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ

Как ни опасна жизнь небесных странников, они все равно совершают свои перелеты и не могут иначе. Миграция не волевое решение одной птицы или стаи, а закрепленное эволюцией сезонное состояние организма. По-

\* О трагической истории эскимосского кроншнепа канадский писатель Фред Бодсворт в 1955 г. написал роман «The last of the Curlews» – «Последний из кроншнепов». Позднее по нему был снят очень красивый и грустный мультфильм, который можно посмотреть на сайте: <http://www.youtube.com/watch?v=mtkKCNvqXoA&feature=related>. К сожалению, на русский язык ни книга, ни фильм не переведены.

пав в неволю, даже при идеальных условиях содержания в перелетное время пернатые испытывают невероятное беспокойство, вынуждающее их биться о стенки клеток, и порой разбиваться насмерть. Орнитологи объясняют его миграционным состоянием, включая в это понятие целый комплекс изменений в птичьем организме: физиологических, гормональных, поведенческих.

*Миграционное состояние* – закономерная фаза годового цикла птиц, который состоит из периода размножения, линьки, перелета на зимовку, второй линьки и обратной миграции на гнездовья. Для каждой фазы характерен особый гормональный статус. При подготовке к весеннему перелету в результате усиленного синтеза гормонов гипофиза, в частности пролактина, у птиц повышается аппетит, обмен веществ настраивается на запасание жира; после зимнего перерыва начинают работать половые железы. Меняется и поведение: начинаются тренировочные полеты, все чаще звучат контактные сигналы, которыми птицы обмениваются в пути, а у многих еще и нарушается суточный ритм: они переходят с дневной активности на ночную.

У птиц одного вида, живущих в одном регионе, разные фазы годового цикла совершаются одновременно. Для синхронизации физиологических процессов из всех факторов среды самый важный – фотопериод. Когда световой день достигает определенной длины, происходит запуск каскада регуляторных перестроек, автоматически следующих одна за другой в течение всего годового цикла. Точкой отсчета служит начало подготовки к весенней миграции – так что эта фаза особенно ответственна.

### ПО НЕБУ, ПО ЗВЕЗДАМ И ПО МАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Говоря о миграциях, нельзя обойти вниманием загадку, как перелетные птицы ориентируются в пространстве. Человеку для решения подобной задачи понадобятся карта и компас или прибор спутникового позиционирования GPS. Но у птиц ничего этого нет. Опыты с птицами в миграционном состоянии, помещенными в круглую клетку с глухими стенками и прозрачным потолком, показали, что в солнечные дни у некоторых дневных мигрантов есть отчетливая направленность перемещений, ослабевающая в ненастную погоду. Значит, они умеют ориентироваться по солнцу. Но для большинства птиц и облака не препятствие, потому что они одарены способностью различать поляризованный свет. Для





них цвет неба оказывается разным по направлению к солнцу и в области над перпендикуляром к его лучам, даже если светило скрыто за горизонтом или тучами. Подобные опыты с ночными мигрантами в планетарии, где можно произвольно менять расположение созвездий, подтвердили умение птиц ориентироваться и по Полярной, и по нескольким соседним с нею звездам. А в Принстонском университете успешно сбивали с толку дроздов, помещая клетку в искусственное магнитное поле. В разгадке тайны магнитного ориентирования в последние два года ученые достигли большого прогресса. Оказалось, что птицы способны «видеть» магнитное поле Земли: в опытах на птицах с поврежденными нервами ученые из Германии убедительно доказали, что птицы воспринимают его именно глазами. В биохимическом механизме, ответственном за восприятие поля, ведущая роль принадлежит пигменту криптохрому, воспринимающему синий цвет, а также супероксиду ( $O_2^{1-}$ ), вступающему с ним в химическую реакцию. Рецептором магнитного поля в этой системе служит супероксид, поскольку его молекулы способны менять ориентацию в зависимости от направления силовых линий.

Умение находить дорогу к зимовкам и обратно дано птицам от рождения, а не приобретается с опытом. Известно, что у некоторых видов молодые особи улетают на зимовку отдельно от взрослых птиц, и даже раньше. Как бы они добирались туда без врожденной программы? Ее существование доказано и в экспериментах с мечеными птенцами аистов, которых вырастили в неволе, а потом увезли в другую страну и выпустили после того, как улетели местные аисты. Наблюдая за перемещениями новоселов, орнитологи обнаружили, что все они полетели в направлении, традиционном для своей популяции, будто они стартовали на родине. Зато скворцы, похоже, знают не азимут, а координаты места назначения. В подобных опытах они полетели прямо к месту зимовки, на котором они еще никогда не бывали, хотя направление от род-

ного гнезда к нему отличалось на  $60^\circ$ . Значит, врожденные программы бывают разные: гибкая, как у скворцов, и не гибкая, как у аистов.

## ВЕСНА ИДЕТ!

Длительность светового дня небезразлична и человеку. Когда удлиняется темное время суток, многие испытывают сезонную депрессию, но стоит дню хоть чуть-чуть прибавиться, и, несмотря на январскую стужу, мы ощущаем прилив бодрости. А сколько радости приносит первая песня большой синицы – они начинают распеваться уже в январе, а в теплые зимы даже в конце декабря. Синицы живут оседло и чувствуют грядущую весну по нарастанию фотопериода. Птичье население средней полосы начинает пополняться возвращенцами с юга в конце марта: забегают по газонам белые трясогузки, оживут скворечники, к старым колониям возвратятся грачи. С приходом апреля небо наполняется чайками, утиными и гусиными косяками. И каждый день дарит встречи с новыми птицами.

Следить за тем, как вместе с перелетными птицами весна продвигается по Европе, можно вместе с другими орнитологами-любителями через сайт «Весна идет!» (<http://www.springalive.net/ru-ru/springalive/springalive>) международной организации в защиту птиц и природы BirLife International (ее английский вариант называется: Spring Alive). Он создан для обмена информацией о весеннем прибытии перелетных птиц. В качестве объектов для всенародных наблюдений выбрано четыре вида: деревенская ласточка, стриж, белый аист и обыкновенная кукушка. Все они проводят зиму в Африке, и каждый в свое время направляется к гнездовьям Европы. Первыми их встречают жители европейского юга. После первых единичных встреч начинается массовый пролет и страны передают друг другу пернатую эстафету. Смысл проекта в регистрации первых встреч, о чем каждый может сообщить, заполнив на сайте простую электронную форму. Следить за достигнутыми рубежами можно по карте, которая окрашивается в теплые цвета по мере накопления данных. У карты есть динамический режим, и можно за несколько секунд просмотреть, как по Европе разливается пернатая волна (<http://www.springalive.net/ru-ru/migrations/play>). Союз охраны птиц России, общественная организация, которая координирует этот проект в нашей стране, приглашает: присоединяйтесь! Чем больше людей из разных регионов примет участие, тем интереснее для всех. ■

# Противоречия в ЭВОЛЮЦИИ растений

**С.В. Багоцкий,**  
к.б.н., МИОО, г. Москва

Как это ни печально, но в сознании обучающегося юношества ботаника рассматривается как наука в высшей степени несерьезная. Это обстоятельство недвусмысленно говорит нам, что преподавать ботанику и зоологию так, как мы ее преподаем, нельзя, ибо мы грузим школьников никак не связанными друг с другом фактами и тем самым не только не способствуем интеллектуальному развитию учащихся, но даже и тормозим его.

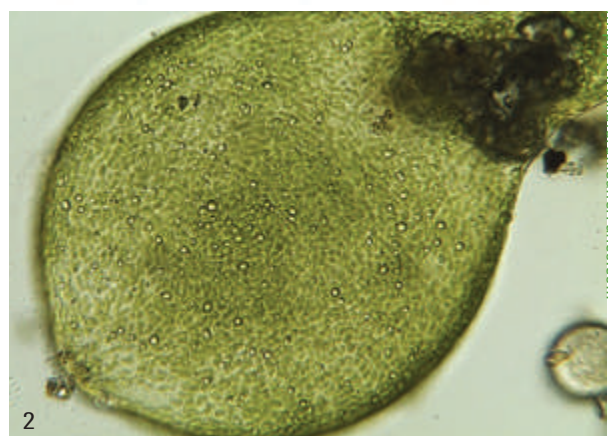
Для того чтобы ботаника и зоология начали всерьез работать на интеллектуальное развитие, нужно ввести в их преподавание какую-то логику. Какую? За строением современных растений стоит длительный процесс эволюции, а для анализа эволюционных процессов одной формальной логики недостаточно: нужна диалектическая логика, о которой все мы что-то слышали, изучая в вузе диалектический материализм.

Вообще говоря, диалектический материализм был разработан К.Марксом в первую очередь как инструмент анализа капитализма. Пользуясь диалектической логикой, К.Маркс описал в «Капитале» процесс эволюционного формирования капитализма и вывел его сложные современные формы из элементарных отношений обмена между людьми, оставив нам в наследство методологию анализа сложных эволюционирующих систем. В основе этой методологии лежат анализ противоречий, возникающих на том или ином этапе развития сложной эволюционирующей системы, и поиск возможных путей разрешения этих противоречий.

Анализ противоречий и поиск путей их решения лежит также в основе ТРИЗа – мощной методологии решения изобретательских задач, созданной в 1950-х гг. инженером и писателем Генрихом Сауловичем Альтовым (Альтшулером). Эта методология позволяет находить нетривиальные решения различных технических проблем.

Давайте воспользуемся этой методологией, чтобы попытаться понять устройство современных высших растений, имеющих пестики, тычинки, проводящие пучки и много чего прочего. Для

1 – формы тела водорослей,  
2 – ботридиум



<http://dic.academic.ru>

<http://www.naturamediterraneo.com>

этого нам нужно представить себе, с чего все началось.

А началось все с водоросли, поселившейся на суше, точнее, на периодически высыхающих и затопляемых местах. По-настоящему сухопутными растения стали значительно позже. Давайте подумаем, какой эта водоросль могла быть.

Существует три типа строения водорослей: шарик, нить и пластинка. Какая из них могла дать начало высшим растениям?

Первая проблема, которая стоит перед водорослью, переселившейся на сушу, – как бы не высохнуть. И с этой точки зрения наиболее подходящая форма тела – шарик. Ведь именно шарик имеет наименьшую удельную поверхность на единицу объема и поэтому при прочих равных условиях испаряет меньше воды. Кроме того, этот шарик может быть довольно крупным, ибо при увеличении его диаметра удельная поверхность уменьшается.

Сухопутные водоросли, имеющие форму шарика, широко распространены и поныне. Например, желто-зеленая водоросль ботридиум. Это многоядерный шарик диаметром 3 мм без клеточных границ внутри. С нижней стороны шарика в почву уходят выросты, используемые для всасывания воды и минеральных солей.

По-видимому, водоросли с таким строением первыми закрепились на суше. Но перспектив для их дальнейшего развития не просматривается. Предок высших растений был, по-видимому, другим.

Пластинка имеет очень неблагоприятное соотношение между поверхностью и объемом тела и будет быстро высыхать на суше, поэтому разумнее рассмотреть нить. Нити водорослей, живущих в воде, состоят из одного ряда клеток. Поэтому они очень тонкие. В воде это не страшно, а вот на суше такая нить будет быстро высыхать. Это плохо.

Более толстая нить сохнет медленнее, ибо ее удельная поверхность меньше. Увеличение толщины нити может достигаться двумя способами: значительным увеличением толщины клеток или превращением нити с одним рядом клеток в нить с многими рядами.

Однорядная нить растет только в длину, при этом ось деления клетки будет располагаться только вдоль нити. Многорядная нить может расти и в толщину, поэтому оси ее деления будут располагаться в разных направлениях. Далее для краткости вместо громоздкого словосочетания «многорядная нить» мы будем использовать краткий термин «ось».

Оси, из которых образовались первые сухопутные растения, могли разветвляться надвое. Их ветвление отличалось от ветвления



стеблей современных растений. **Печеночник**

Когда современное растение ветвится, мы почти всегда можем указать главный стебель и боковую ветку. А у далеких предков современных растений главная ветвь разделялась на две более или менее одинаковые боковые.

Многорядная нить открывает еще одну возможность: наружный слой клеток может превратиться в водонепроницаемую кожицу, и тогда испарение воды резко сократится. Однако же торопиться с приобретением этого приспособления не следует: если кожица непроницаема для воды, она будет плохо проницаема и для кислорода с углекислым газом, поэтому возникнут проблемы с фотосинтезом и дыханием.

Первое противоречие, возникшее перед растениями, вышедшими на сушу, можно сформулировать так: *кожица должна быть водонепроницаемой, чтобы не испарялась вода, и в то же время газопроницаемой, чтобы хорошо шли фотосинтез и дыхание.*

Одновременно ли требуются эти свойства? Наверное, нет. Водонепроницаемость важна, когда сухо. И это обстоятельство сразу подсказывает решение: в водонепроницаемой кожице должны быть дырочки, которые закрываются, когда сухо. Эти дырочки, как мы знаем, называются устьицами. Надо думать, периодически затапливаемые оси фотосинтезировали, находясь под водой или же во влажную погоду, а в сухую погоду они закрывали устьица и замедляли фотосинтез и дыхание.

Первый этап освоения суши растениями был связан с появлением приспособлений, позволяющих экономить воду, а второй этап – с приобретением способности ее активно добывать.

Растению нужны не только углекислый газ, кислород и вода. Им нужны еще и биогенные элементы – азот и фосфор. Водоросль, живу-



commons.wikimedia.org



pbase.com

щая в воде, засасывает соли азота и фосфора из воды всей своей поверхностью, а из атмосферы их засасывать никак нельзя. Конечно, соли можно брать из воды во время периодического затопления, но для серьезной экспансии суши нужен другой источник солей. И упоминавшаяся выше желто-зеленая водоросль ботридиум, и первые растения использовали для этого один и тот же механизм: засасывание воды из почвы через клеточные выросты-ризоиды и использование солей азота и фосфора, растворенных в этой воде. Работа этого механизма предполагает более или менее активное испарение воды. Во-первых, потому что при недостатке воды в растении вода засасывается сильнее, а во-вторых, потому что, испаряя избыток воды, растения концентрируют необходимые им соли азота и фосфора.

Для первых полусухопутных-полуводных растений потеря воды – это однозначно плохо, а для настоящих сухопутных растений, получающих воду и биогенные элементы из почвы, испарение воды (в разумных пределах) – это полезный процесс. Поэтому устьица можно держать открытыми и в более сухую погоду, обеспечивая к тому же возможности для более интенсивного дыхания и фотосинтеза.

После того как были отрегулированы проблемы с испарением и получением биогенных элементов из почвы, оказалось, что пластинки устроены более эффективно, чем оси, ибо имеют большую площадь поверхности, обращенную к солнцу. Растения, имеющие форму лежащих на земле пластинок, известны и теперь. Это так называемые печеночники из отдела мохообразных. Они весьма древние и известны с девона. Впрочем, растения непонятного систематического происхождения, имеющие форму пластинок, существовали и раньше. При этом не принципиально, были ли они потомками вышедших на сушу пластинчатых водорослей или уже на суше образовались из осей.

Печеночник – это, по существу, растение, состоящее только из листа. Казалось бы, эво-

люция растений на этом должна была закончиться: поверхность земли оказалась покрыта фотосинтезирующими пластинками с ризоидами, под которыми из-за отсутствия света ничего не могло развиваться. Но не успевшие погибнуть сухопутные оси нашли неожиданное решение: вместо того чтобы лежать на поверхности земли, они вылезли из-под пластинок своих конкурентов и встали вертикально. В результате их фотосинтезирующие поверхности оказались над пластинками конкурентов и смогли пробиться к свету! Образовался более или менее вертикальный стебель.

Насколько мне известно, в распоряжении палеоботаников нет данных, свидетельствующих о существовании когда бы то ни было развитых сообществ пластинчатых растений. Но другую ситуацию, в которой могло начаться формирование стебля, представить трудно.

Для создания вертикального стебля пришлось попутно решить две проблемы: как сделать так, чтобы стебель стоял стоймя и не падал, и как подавать воду на значительную высоту. Более или менее высокий вертикальный стебель предполагает наличие каких-то механических структур и проводящих тканей. Обе проблемы были успешно решены.

Однако для фотосинтеза вертикальный стебель неудобен: у него слишком маленькая поверхность, обращенная к солнцу. Поэтому проблема создания повернутых к солнцу пластинок все равно остается актуальной. Другое дело, что эти пластинки не лежат на поверхности почвы, а прикреплены к стеблю на более или менее значительной высоте над землей. Растения со стеблем вернулись к той же самой проблеме – формированию листьев.

Из чего и каким образом могут образоваться листья? Первый способ – это боковые выросты на стебле. Таким способом образовались листья плаунообразных. Второй способ: изменение характера ветвления. Одна из боковых ветвей становится продолжением ствола, а другая становится листом. Таким



способом образовались листья хвощеобразных. Боковая веточка, ставшая листом, у современных хвощей далее не ветвится. Хотя у некоторых ископаемых хвощеобразных (псевдоборния) и встречались ветвящиеся листья.

Третий способ наиболее интересен: лист образуется из многократно ветвящейся веточки, при этом между разветвлениями веточки появляется сплошная или не сплошная перепонка. Так образовался лист у папоротников и у предков семенных растений.

Листья, сформировавшиеся первым и вторым способами, в ботанике принято называть *микрофиллами*, а листья, образовавшиеся третьим способом, – *макрофиллами*. В соответствии с этими названиями и говорят, что Плаунообразные и Хвощеобразные относятся к микрофильной линии эволюции, а Папоротникообразные – к макрофильной линии.

Если мы посмотрим на лист липы, то увидим сложную систему ветвящихся жилок. Поневоле напрашивается предположение, что эти жилки соответствуют отдельным веточкам. Образование листьев – неизбежный и важнейший этап в эволюции растений. Но преуспели в ней те группы растений, которые не торопились с формированием листьев, создав сначала вертикальный стебель.

А что же происходило на поверхности земли и немного ниже? Там началась конкуренция за воду и биогенные элементы, победе в которой помогали приспособления, позволяющие опустить ризоиды как можно ниже. Лежащие на поверхности земли оси с ризоидами стали расти в глубь почвы. При этом ризоиды превратились в корневые волоски, а оси – в корни.

Необходимый для него свет растение получает сверху, а необходимые воду и биогенные элементы – снизу. И в процессе эволюции это противоречие (стремление к развитию в разных направлениях) как бы растягивает растение вертикально. Общую тенденцию в

эволюции вегетативных органов растений очень хорошо описывает стихотворение Константина Ковалева.

Листва по высям непонятным тужит,  
Ей только б новой высоты хлебнуть,  
А корень в землю лезет: глубже, глубже,  
Чтоб вникнуть до конца в земную суть.

Друг друга тянут с силой исполинской  
Тот – в землю, та – в просторы синевы...  
Но крепнет ствол – ветвистое единство  
Противоречий корня и листвы.

Интересно, что похожее противоречие существует и в размножении растений.

У многоклеточных животных жизненный цикл достаточно прост: из зиготы вырастает взрослое животное, у взрослого животного образуются половые клетки, при слиянии которых образуется новая зигота. У растений все сложнее: на взрослом растении у них образуются гаплоидные споры, из спор вырастает многоклеточный заросток, на заростке образуются половые клетки и лишь затем появляется зигота.

С чем связана такая сложность? Наверное с тем, что растения, в отличие от животных, неподвижны и поэтому должны иметь «расселительную» стадию. В воде расселительная стадия уплывает, а на суше пассивно летит по воздуху, и чем выше на растении она образуется, тем дальше летит.

В то же время половые клетки спорового растения должны быть расположены как можно ниже, ибо мужская половая клетка должна активно двигаться к женской. Двигаться она может только в воде, а вода – вниз.

Лист липы



Таким образом, расселительные стадии (споры) должны образовываться как можно выше, а половые клетки – как можно ниже. Отсюда вывод: половые клетки не могут быть расселительными стадиями, и растения, у которых мужская половая клетка плывет к женской, должны иметь два вида размножения: половое (образуются половые клетки) и бесполое (образуются неподвижные расселительные стадии – споры). Это неудобно, но неизбежно. Поэтому у споровых растений очень низкий заросток, на котором развиваются половые клетки, и более или менее высокое взрослое растение, на котором развиваются споры.

Жизненный цикл споровых растений в сравнении с жизненным циклом животных громоздок и неудобен. Хорошо бы его упростить. Для этого, собственно, нужно научиться осуществлять оплодотворение на высоте, тогда сложный заросток и не нужен. Проблема в том, что между женской и мужской половыми клетками всегда есть некоторое расстояние, которое нужно преодолеть. Как его преодолевать в воде – понятно, для этого есть жгутик, а вот как его преодолеть в отсутствие воды?

Почему-то во всех учебниках биологии пишут о том, что оплодотворение – это слияние половых клеток. Это не так. Оплодотворение – это слияние двух ядер, пришедших, как правило, из разных организмов. Поэтому слияние двух клеток для оплодотворения не обязательно: чужое ядро может оказаться в клетке либо в результате впрыскивания ядра, либо в результате обмена ядрами.

У большинства семенных растений мужское ядро появляется в яйцеклетке не в результате слияния ее со сперматозоидом, а в результате впрыскивания ядра из мужского заростка. Мужской заросток превращается в гигантский шприц, игла которого растет по направлению к женскому заростку с яйцеклеткой. Существенно то, что игла может расти не только в воде, но и в воздухе, и, следовательно, не только на поверхности земли, но и на значительной высоте над землей. Шприц, вырастающий на мужском заростке, в ботанике принято называть пыльцевой трубкой.

У споровых растений расселительными стадиями являются споры, из которых вырастает заросток, а у большинства семенных растений мегаспора (женская спора) не падает на землю. Женский заросток развивается прямо на взрослом растении, здесь же образуется яйцеклетка, происходит оплодотворение, формируется зародыш нового растения. И лишь только после этого семя (сложная структура, содержащая зародыш) покидает материнское



растение. Таким образом, у большинства (но не у всех) семенных растений расселительной стадией является мужская спора и семя.

Прорастание пыльцевой трубки

Давайте попытаемся проследить последовательность эволюционных событий, приведших к формированию семени.

Первым шагом на пути формирования семени была, по-видимому, дифференциация заростков. На одних заростках стали формироваться только женские половые клетки, а на других – только мужские. Вслед за дифференциацией заростков возникла диффе-

Цикл развития папоротника



Г.П. Яковлев, Л.В. Аверьянов. Ботаника для учителя. 1997. Ч. 2



ренциация спор, из которых вырастают эти заростки: мужские заростки стали вырастать из мелких спор (микроспор), а женские – из крупных спор (мегаспор). Растения стали разноспоровыми. Затем дифференцировались и спорангии – органы, в которых образуются споры. Микроспоры стали образовываться только в микроспорангиях, а мегаспоры – только в мегаспорангиях.

У бариофита – ископаемого спорового растения непонятного систематического положения – микро- и мегаспоры образовывались в одних и тех же спорангиях, так же, как и у ископаемого папоротника шалерии. У остальных разноспоровых растений микро- и мегаспорангии отличаются друг от друга.

Если мы сравним современные равно- и разноспоровые растения (не рассматривая мохообразные), то увидим интересную экологическую закономерность: равноспоровые растения в большинстве своем приурочены к сухим местам, а разноспоровые – к влажным. Это и понятно: сперматозоидам разноспоровых растений приходится плыть к другому заростку, ибо на своем заростке яйцеклеток нет.

Общая тенденция в эволюции растений связана с освоением все более и более сухих местообитаний. Она явно противоречит тенденции к формированию разноспоровости, и это противоречие оказывается в высшей степени плодотворным, ибо разноспоровые растения не останавливаются на достигнутом, формируя приспособления, позволяющие им вырваться из влажной среды.

Следующий шаг: количество мегаспор, формирующихся в мегаспорангии, сокращается до одной, и падать на землю начинают не отдельные мегаспоры, а мегаспорангии, содержащие внутри мегаспору. Мегаспора и образующийся из нее женский заросток приобретают мощную оболочку, защищающую от высыхания, и не только от высыхания. Эта оболочка формируется из наружных стенок мегаспорангия и, вероятно, из приросших соседних мегаспорангиев, ставших бесплодными. Так появляется семя.

У гинкго – единственного дожившего до наших дней представителя обширного класса из отдела голосеменных – семена опадают до оплодотворения. Развитие женского заростка, формирование яйцеклетки и оплодотворение, как и у споровых растений, происходят на земле. Единственная разница – женский заросток окружен стенками мегаспорангия и другими оболочками семени. Однако же встреча микроспоры с семязачатком (опыление) у гинкго происходит тогда, когда семязачаток еще находится на дереве. При этом семязачаток выделяет так называемую опылительную жидкость, к которой приклеивается микроспора. Затем микроспора с капелькой опыли-

тельной жидкости надолго капсулируется внутри так называемой пыльцевой камеры. Вряд ли могут быть сомнения в том, что у предков гинкго на земле происходило не только оплодотворение, но и опыление, и пыльца летела не на другое дерево, а прямо на землю.

У других современных голосеменных семязачаток падает на землю после оплодотворения и формирования зародыша, когда он уже превратился в семя.

У саговниковых и гинкго ядра из мужского заростка доставляются в яйцеклетку сперматозоидами. Двигаться они могут только в жидкой среде, т.е. в капельке опылительной жидкости, закупоренной в пыльцевой камере. Эта система достаточно громоздка и нерациональна.

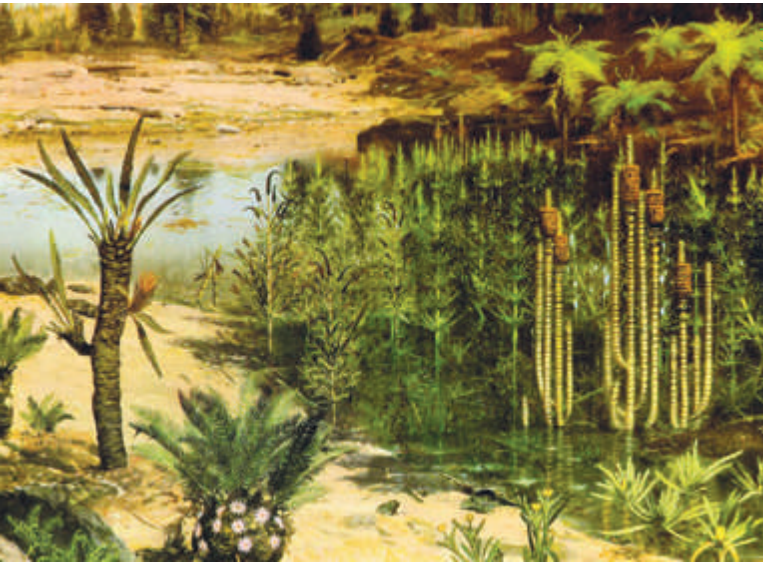
Заключительным аккордом в развитии семенных растений стало формирование пыльцевой трубки – шприца для впрыскивания ядра из мужского заростка – и исчезновение сперматозоидов, для которых нужна вода. Такой способ доставки мужского ядра в яйцеклетку работает у хвойных и оболочкосеменных. Впрочем, и у саговниковых образуется нечто сходное с пыльцевой трубкой, только до нужного места она не дорастает, и на ее кончике образуются сперматозоиды.

По-видимому, пыльцевая трубка возникла в процессе эволюции неоднократно: она имеется у таких явно неродственных голосеменных, как хвойные и

Гинкго

dic.academic.ru





**Растительность в мезозое** гнетовые. У предков хвойных – кордаитов оплодотворение происходило, по-видимому, на земле, ибо на веточках семян с зародышем не находили. Не исключено, что и пыльцевая трубка у предков хвойных возникла еще тогда, когда семена падали на землю неоплодотворенными.

Напрашивается аналогия между споровыми растениями и земноводными, с одной стороны, и голосеменными и пресмыкающимися – с другой. Как споровые растения, так и земноводные живут на суше, но их размножение связано с водой, а голосеменные и пресмыкающиеся эту связь разорвали: голосеменные – благодаря пыльцевой трубке, пресмыкающиеся – благодаря превращению икринки в яйцо. Продолжая эту аналогию несколько дальше, мы можем сравнить саговниковые с пресмыкающимися, сохранившими икру. Такие странные существа встречались, по-видимому, среди живших в конце палеозоя батрахозавров, относительно которых исследователи никак не договорятся, считать их земноводными или пресмыкающимися.

Между голосеменными и пресмыкающимися есть и еще одна аналогия: и в том и в другом случае существуют серьезные сомнения относительно того, что перед нами единый таксон, а не несколько таксонов, чисто формально объединенных друг с другом благодаря сходным приспособлениям к жизни и размножению на суше.

После появления пыльцевой трубки заростки (как мужской, так и женский) потеряли свое значение и резко упростились. С этим упрощением связана любопытная терминологическая путаница.

В жизненном цикле споровых растений размножение происходит дважды: когда на

взрослом растении образуется большое количество спор и когда на заростке образуется большое количество яйцеклеток (которые в дальнейшем попарно сливаются). Первое размножение мы по традиции называем бесполом, а второе – половым.

У семенных растений второе размножение, которое мы называем половым, исчезает и остается только первое, т.е. бесполое. Однако мы почему-то называем это размножение половым, и в результате школьники говорят нам, что пыльца – это мужские половые клетки. Предлагаю уважаемым коллегам самим подумать, как можно выпутаться из этой возникшей на ровном месте путаницы.

В мезозое голосеменные были лидерами растительного мира, а пресмыкающиеся – животного. Однако в кайнозое и те и другие отступили на задний план перед новыми хозяевами Земли – млекопитающими и покрытосеменными растениями. Почему победили млекопитающие – понятно: они самые умные, а почему победили покрытосеменные?

Конечно, вегетативные органы у покрытосеменных устроены лучше, чем у голосеменных. Но все-таки не настолько, чтобы вытеснить своих конкурентов везде и всюду. Хвойные леса занимают огромные площади, и ель без особых усилий побеждает березу в конкуренции. По-видимому, дело в другом.

Давайте сравним еловый лес с экваториальным лесом где-нибудь в бассейне Амазонки. Чем они отличаются друг от друга? Прежде всего видовым разнообразием. В зрелом еловом лесу других деревьев, помимо ели, нет, а в экваториальном лесу видовое разнообразие древесной растительности огромно и почти все деревья – из покрытосеменных.

В то же время, с точки зрения видовой разнообразия, буковый лес или дубрава гораздо ближе к ельнику, чем к экваториальному лесу. Хотя бук и дуб это покрытосеменные, но они опыляются ветром, так же как и ель, а деревья экваториального леса опыляются насекомыми, причем большинство видов деревьев имеет специализированных насекомых-опылителей.

Ветроопыление эффективно тогда и только тогда, когда большое количество растений одного вида растет рядом. Иначе большая часть пыльцы пропадает впустую. А при опылении насекомыми два растения, принадлежащие к одному и тому же виду, могут располагаться далеко друг от друга и, несмотря на это, пыльца будет доставлена в срок и по назначению. Поэтому насекомоопыляемые древесные растения могут формировать многовидовые леса, а большое количество видов деревьев обеспечивает большое количество видов животных, грибов и т.д.



edenpics.com

Иными словами, благодаря **Экваториальный лес** опылению насекомыми покрытосеменные растения могут служить организаторами сложных сообществ, которые в благоприятном климате вытеснят более простые сообщества. Покрытосеменные растения сильны не только и не столько совершенством собственного строения, сколько богатством своих биогеоценотических связей. Виды голосеменных борются за свое существование в одиночку, виды покрытосеменных умело организуют своих потенциальных союзников.

Появление цветков способствовало укреплению связей с насекомыми-опылителями; появление плодов – укреплению связей с животными, распространяющими плоды. При этом одновременно эволюционировали и сами растения, и их многочисленные помощники. Эволюция растений стимулировала эволюцию связанных с ними животных, а та, в свою очередь – эволюцию растений. В результате такой коэволюции растения и животные притирались друг к другу и, одновременно, нарастало их видовое разнообразие. По всей видимости, именно появлению покрытосеменных растений насекомые обязаны своим видовым разнообразием.

Все голосеменные – это деревья, кустарники и кустарнички, а среди покрытосеменных появились травы и быстро создали себе союзников для борьбы с лесом. Такими союзниками стали... питающиеся травой копытные животные. Питаясь травой, они вытаптывали всходы деревьев. Трава, помятая копытами, быстро отрастала, а деревья и кустарники – нет. Чем быстрее росла трава, тем больше было копытных животных, тем хуже было лесу и тем лучше – траве. Потребляя траву, копытные вступили с ней в отношения симбиоза. Оказывается, симбиоз не исключает по-



дание одного симбионта другим. **Ельник** Это справедливо и для отношений человека с домашней курицей, и для отношений живущих в степи копытных животных с травой.

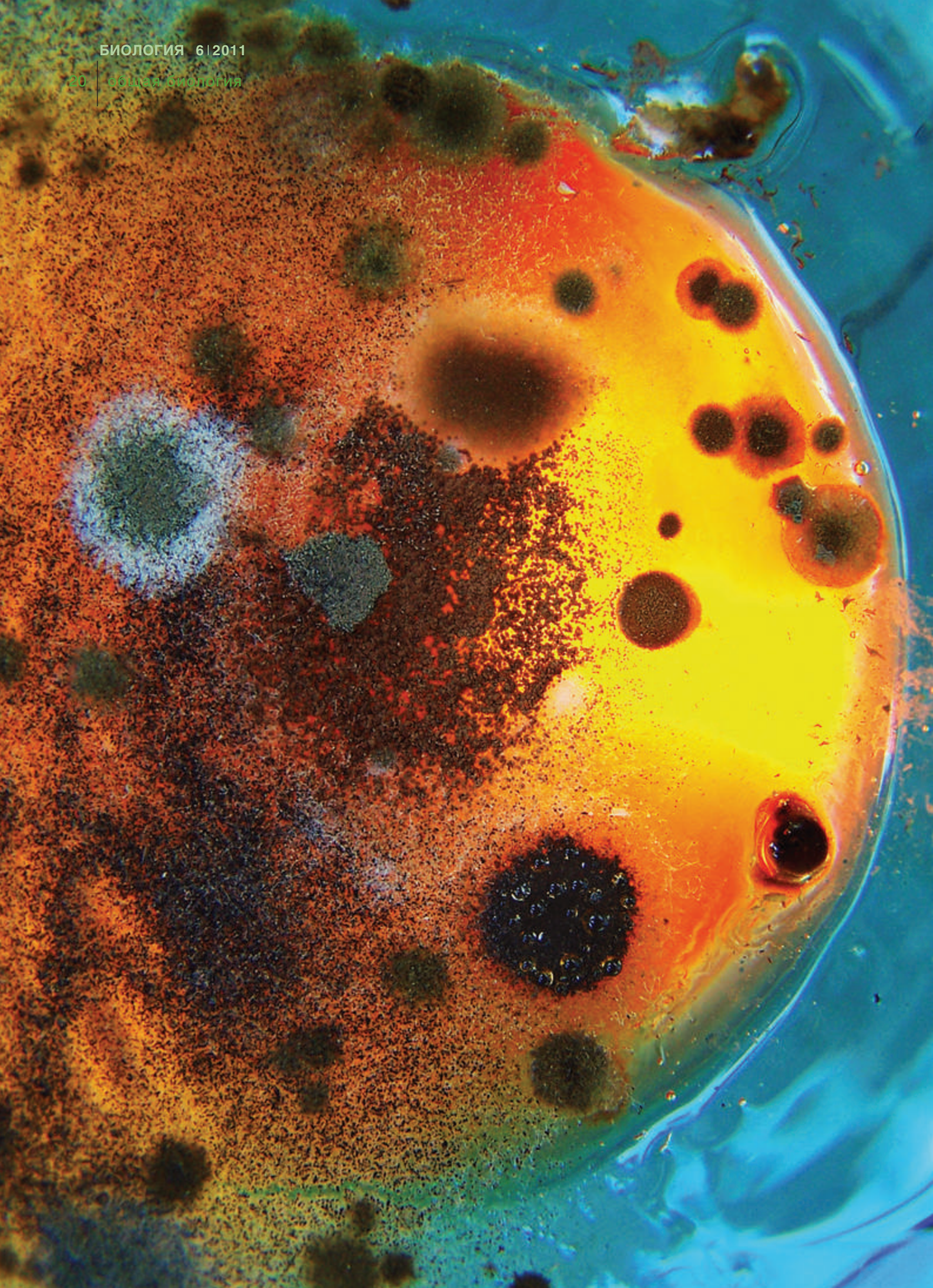
Так появились степи. И здесь покрытосеменные мобилизовали свое главное качество – умение находить союзников и стимулировать их эволюцию в нужном направлении.

Умение находить союзников и помогать им есть, как известно, признак ума, и как-то так получается, что причина преуспевания млекопитающих и покрытосеменных по большому счету одна и та же. Уж очень они умны...

Не могу в заключение не заметить, что триумфальное шествие покрытосеменных по Земле наглядно иллюстрирует справедливость представлений основоположника анархизма князя Петра Алексеевича Кропоткина о роли взаимопомощи в биологической эволюции. Покрытосеменные «поняли», что нужно делиться: с насекомыми – нектаром, с птицами – сладкой мякотью плода, с копытными – избытком собственной биомассы, за что и были достойно вознаграждены судьбою. ■



Материалы к статье на CD к № 8/2011



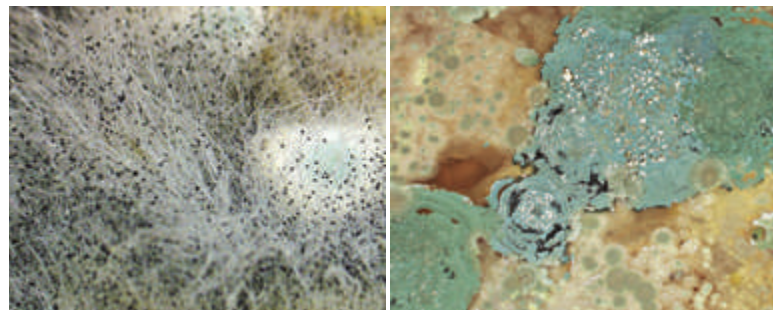
# Плесень под микроскопом

Э.Вагапова

Для чего Александр Македонский пропитывал оливковым маслом деревянные элементы кораблей и сваи мостов? С какой целью Ной просмолил ковчег и в чем заключается «проклятие Тутанхамона»? Ответ на все эти вопросы один: микробы-разрушители проникают повсюду. Изучая пробы даже с мест древнейших поселений, ученые обнаружили жизнеспособные клетки микроорганизмов. Заглянуть в этот невидимый глазу, но удивительный в своей зловещей красоте мир, людям удалось только с помощью микроскопа. Увидеть его на современном школьном уроке и получить фотографии, подобные представленным на этих страницах, можно, используя цифровые микроскопы, например марки Альтами. За счет уменьшенного количества линз изображение объекта почти не искажается, позволяя детально изучить представителей микромира.

Интереснейшим с биологической точки зрения объектом школьного исследования может стать плесень. Хотя «плесень» – это название простонародное. Ученые относят эти микроорганизмы к грибам в основном из классов зиго- и аскомицетов. Они распространены практически всюду: и в жилище человека, и во внешней среде. В помещении споры плесневых грибов, размером от 2 до 8 мкм, витают в воздухе вместе с вирусами и бактериями, часто образуя сложные конструкции с другими пылевыми микрочастицами. В 1 м<sup>3</sup> воздуха, в зависимости от времени года, может содержаться до 500 микроскопических спор, а колонии этих микроорганизмов первыми попадают на нам на глаза на портящихся продуктах.

В 2006 г. планету облетела сенсационная новость: на орбите был проведен уникальный эксперимент под названием «Биориск». К внешней поверхности станции были прикреплены капсулы со спорами грибов. Полтора года они находились в условиях невесомости, под воздействием космического радиационного излучения и резких перепадов очень высоких и очень низких температур – и выжили! Более того, как показали пробы плесневых

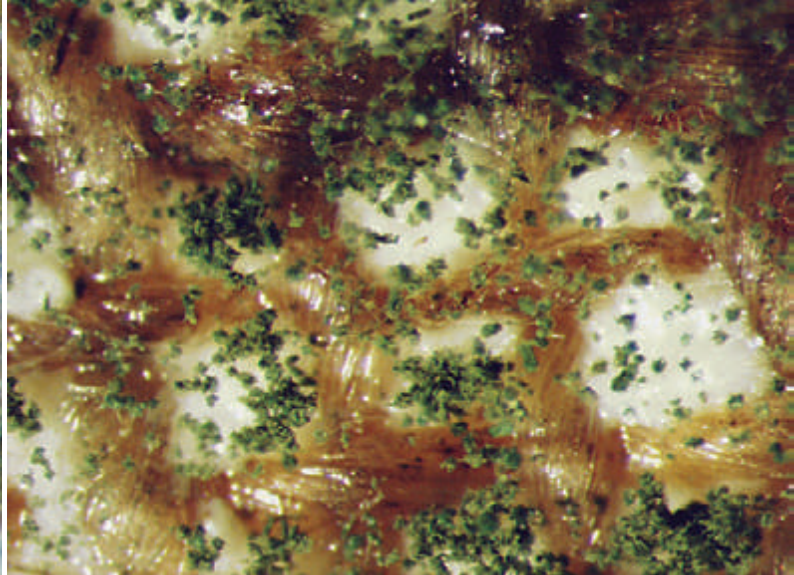
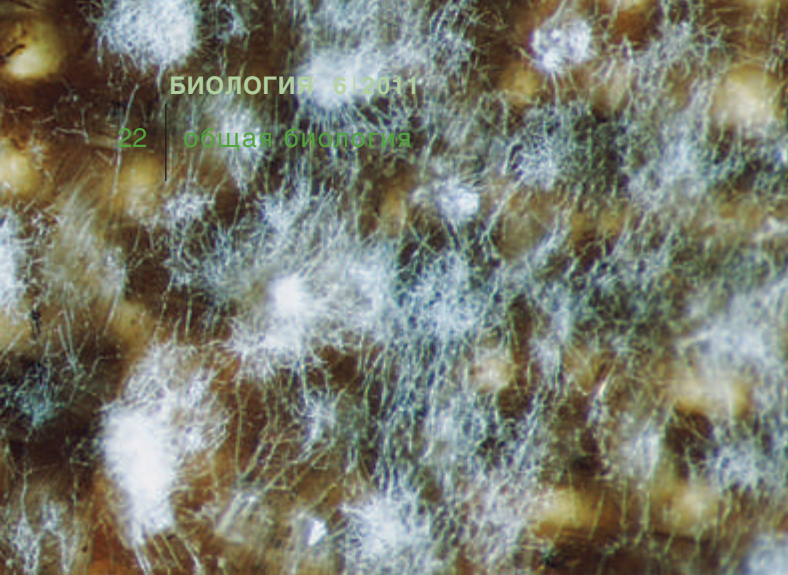


грибов, извлеченных из-под саркофага энергетического блока Чернобыльской АЭС, после радиационного воздействия они стали более агрессивными.

Что же можно увидеть, разглядывая эти загадочные микроорганизмы под микроскопом? Становится видна «архитектура» колонии плесени: сплошные переплетения и разветвления нитей – гиф, образующих мицелий, бесконечные цепочки спор, длинных или в виде гроздей. На поверхности бархатных ворсистых нитей блестят яркие оранжевые, желтые, зеленые, малиновые капли выделений. Гифы могут состоять из цепочек одноядерных клеток или быть одной сильно разветвленной клеткой со множеством ядер.

Можно заметить черты сходства представителей этого особого царства живой природы с растениями и животными. Так же как и растения, плесневые грибы всасывают необходимые для питания вещества всей поверхностью,





но, в отличие от растений, не принимают участия в процессе фотосинтеза, не могут питаться углекислым газом и синтезировать органические вещества. Для питания им необходимы готовые органические вещества в виде разлагающихся животных и растительных тканей. Клетки растений они напоминают плотными клеточными стенками, способностью к росту и относительной неподвижностью. С животными их роднят наличие хитина, образование мочевины, тип обмена веществ и др.

Микропрепарат можно вырастить самим, оставив кусочек хлеба в теплом месте в закрытом полиэтиленовом пакете. Через несколько суток вы обнаружите, что питательная среда покрыта белым пушистым налетом – это вырос *Mucor mucedo*. Под микроскопом мицелий этого гриба представляет собой одну многоядерную разветвленную клетку, не разделенную перегородками. На одних его гифах, длинных бесцветных, висят маленькие черные «коробочки» со спорами, а другие, более короткие, проникают в хлебную мякоть, помогая организму закрепиться и всасывать питательные вещества, необходимые для роста.

Если есть необходимость продемонстрировать изучаемый объект аудитории, стоит организовать презентацию. Для этих целей лучше использовать цифровой микроскоп «Альтами» 266 СПО, состоящий из биологического

тринокулярного микроскопа и USB-камеры с русифицированным программным обеспечением. Программа Altami VideoKit на русском языке позволяет вести автоматическую съемку, благодаря которой можно зафиксировать даже процесс размножения плесени. Варьируя параметры разрешения, можно менять качество изображения и время автоматической съемки. В результате можно не только увидеть процесс размножения плесени, но и записать его на жесткий диск, а при необходимости подвергнуть кадры дополнительной обработке. Все это возможно, потому что цифровые микроскопы марки Альтами совместимы с операционными системами семейства Линукс (свободное программное обеспечение, на которое в настоящее время переходят школы).

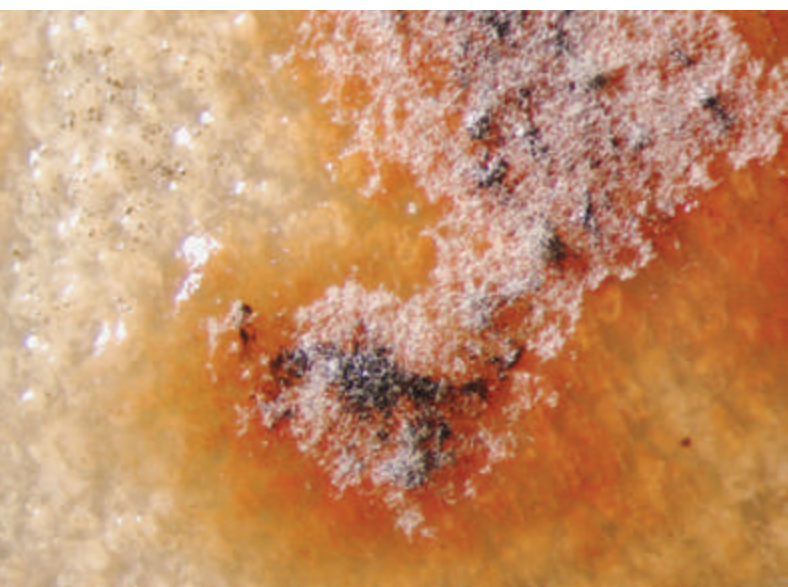
Компания «Альтами» – активный участник рынка микроскопии уже более 8 лет. Она поставляет световые и цифровые модели микроскопов крупнейшим вузам России, промышленным предприятиям, медицинским учреждениям, лабораториям самых разных направлений исследований, а также частным лицам. ■

**Центральный офис компании**

г. Санкт-Петербург, ул. Ушинского, д. 3, к. 2, каб. 2А. Тел. +7 (812) 290-4444

**Филиал**

630049, г. Новосибирск, Красный пр., д. 184, офис 402. Тел. +7 (383) 2333236





Педагогический университет  
**«ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»**  
 предлагает **для учителя биологии**

Лицензия Департамента образования  
 г. Москвы 77 № 000349,  
 рег. № 027477 от 15.09.2010





**ДИСТАНЦИОННЫЕ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
 ВНЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТА ПРОЖИВАНИЯ**  
 (обучение с 1 сентября 2011 года по 30 мая 2012 года)

**КОД**  **ПРОФИЛЬНЫЕ КУРСЫ**

- 03-003** Т.С. Сухова. Системный подход как условие развивающего обучения в курсе биологии  
**03-005** В.А. Бухвалов. Развитие творческих способностей учащихся на уроках биологии (с применением элементов ТРИЗ)  
**03-007** А.Г. Козленко. Информационная культура и компьютер на уроке биологии  
 **03-008** М.З. Федорова, Г.А. Воронина. Наиболее сложные вопросы преподавания раздела «Человек и его здоровье»  
 **03-009** К.Д. Дятлова. Составление и использование педагогических тестов при обучении биологии  
**03-010** А.Г. Козленко. Использование игр на уроках биологии

**КОД**  **ОБЩЕПЕДАГОГИЧЕСКИЕ КУРСЫ**

- 21-001** С.С. Степанов. Теория и практика педагогического общения  
**21-002** Н.У. Заиченко. Методы профилактики и разрешения конфликтных ситуаций в образовательной среде  
**21-003** С.Н. Чистякова, Н.Ф. Родичев. Образовательно-профессиональное самоопределение школьников в предпрофильной подготовке и профильном обучении  
**21-004** М.Ю. Чибисова. Психолого-педагогическая подготовка школьников к сдаче выпускных экзаменов в традиционной форме и в форме ЕГЭ  
 **21-005** М.А. Ступницкая. Новые педагогические технологии: организация и содержание проектной деятельности учащихся  
 **21-007** А.Г. Гейн. Информационно-методическое обеспечение профессиональной деятельности педагога, педагога-психолога, работника школьной библиотеки

Имеются два варианта учебных материалов дистанционных курсов: брошюры и брошюры+DVD.

Курсы, включающие видеолекции (DVD), помечены значком 

Нормативный срок освоения каждого курса – 72 часа.

Дополнительная информация – на странице 45 и на сайте <http://edu.1september.ru>.

Окончившие дистанционные курсы получают удостоверение установленного образца.



**ОЧНЫЕ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
 для жителей Москвы и Московской области**  
 (обучение с 1 октября 2011 года по 30 декабря 2011 года)

- А.П. Ершова. Театральное мастерство в работе современного учителя (в июне 2011 года)  
 А.П. Ершова. Социогровые методы в работе школьного учителя  
 Г.А. Стюхина. Разрешение конфликтных ситуаций в образовательной среде  
 Т.И. Цикина. Технологии использования компьютерных средств при подготовке и проведении уроков и внеклассных мероприятий

Нормативный срок освоения каждого курса – 72 часа.

Дополнительная информация – на странице 45 и на сайте <http://edu.1september.ru>  
 и по телефону (499) 240-02-24 (звонки принимаются с 15.00 до 19.00).

Окончившие очные курсы получают удостоверение государственного образца.



Электронную заявку можно в режиме on-line подать  
 на сайте <http://edu.1september.ru>. Это удобно и просто!

# Гале ЧЕМПИ

Среди перелетных птиц чемпионы по высоте полета – горные гуси. Они гнездятся в центральных районах Азии, а на зиму улетают в Индию, для чего им приходится перелетать над Гималаями, так как обходной путь был бы для них слишком длинным. Есть сообщение о встрече стаи горных гусей на высоте более 10 км. Воздух там настолько разрежен, что вертолеты летать не могут: им не хватает подъемной силы винтов. Для человеческого организма такое немислимо: восхождение на вершины Гималаев требует кислородных масок при подъеме и долгой подготовки для наработки до-

Гораздо важнее физиологические особенности. В экспериментах выяснили, что преодолевать высотную гипоксию горным гусям помогает уменьшение теплоотдачи и усиленная вентиляция легких. Однако, согласно теоретическим моделям, для эффективного дыхания на больших высотах этих факторов недостаточно. По данным китайских ученых, у горных гусей несколько иная, чем у других птиц, структура гемоглобина, но как она влияет на эффективность связывания кислорода, пока не ясно. Так что до решения этой загадки пока очень далеко.

[luontoportti.com](http://luontoportti.com)



Обыкновенная каменка

[commons.wikimedia.org](http://commons.wikimedia.org)



Горный гусь

[www.shearwatercruises.com](http://www.shearwatercruises.com)



Малый буревестник

полнительного гемоглобина в крови. Гуси делают это без всякой подготовки. Какие физиологические механизмы при этом задействованы? И вообще, как им удастся удерживаться в разреженном воздухе? Может быть, у этого вида гусей какая-нибудь особая форма крыла или частота взмахов выше, чем у других гусей? Как показали исследования канадских орнитологов из университета в Ванкувере, размах крыльев горного гуся действительно немного больше, но заметного влияния на аэродинамические свойства птицы он не оказывает.

Говоря о лидерах, нельзя обойти вниманием **абсолютного чемпиона по дальности ежегодного перелета – полярную крачку**. Гнездовья этого вида располагаются выше северного Полярного круга, а на зиму крачки перемещаются в Антарктику. Но недавно оказалось, что о миграциях этой птицы мы знаем еще далеко не все, и, даже возведя ее в ранг чемпиона, мы недооцениваем ее способности. Прикрепив к нескольким полярным крачкам сверхминиатюрные геолокаторы весом всего по 1,4 г, которые записывают в карту памяти продолжительность светового дня и время восхода и захода солн-



# ерея ИОНОВ

**Е.Д. Краснова,**  
к.б.н., биологический факультет  
МГУ им. М.В. Ломоносова

ца, орнитологи смогли нанести на карту перемещения одиннадцати птиц из Гренландии и Исландии. Оказалось, что, долетев до южных пределов, крачки не останавливаются, а продолжают перемещение вдоль кромки антарктических льдов, кто на запад к Южной Америке, а кто на восток к Австралии. Дополнительный «крюк» по длине соизмерим с протяженностью «основного» перелета, то есть суммарная длина годовой миграции вдвое больше, чем думали прежде. Таким образом за год каждая птица пролетает не 40 тыс. км, как считалось ранее, а

Сахары, а для размножения улетают несколькими потоками. Один ведет в Гренландию и Канаду, для чего птицы пересекают Атлантический океан – это один из самых протяженных океанических перелетов, совершаемых воробьиными птицами. И при этом, в отличие от крачек, они не имеют возможности подкормиться. Второй путь – на север Евразии и Аляску. Птицам, летящим на восток ареала, на Аляску, необходимо перелететь через всю Сибирь, и суммарная протяженность маршрутов в оба конца со-



Малый веретенник



Полярная крачка

до 80 тыс.! За всю свою жизнь – а живут эти птицы более 30 лет – полярная крачка пролетает более 2 млн км – как три полета на Луну и обратно.

Но если искать **абсолютного чемпиона по суммарной длине пути**, проделанного за всю жизнь, то им окажется **малый, или обыкновенный, буревестник**. Живет эта птица долго, до 50 лет, и за это время успевает пролететь около 8 млн км.

В числе **лидеров по дальности перелетов – обыкновенная каменка**. Эти птицы летят не с севера на юг, а с большим широтным смещением. Зимуют каменки в Африке к югу от

ставляет более 20 тыс. км.

И, наконец, **абсолютный чемпион по дальности беспосадочного броска – кулик малый веретенник**. С Чукотки и Аляски стаи малых веретенников летят на зиму в Австралию и Новую Зеландию, и, как показало спутниковое наблюдение за птицами, помеченными радиопередатчиками, прямо через океан. Одна самка долетела с Чукотки до новозеландских берегов за восемь дней, преодолев без отдыха 11 680 км! Не удивительно, что перед миграцией их тело на 55% состоит из жира, необходимого, для обеспечения перелета без дозаправки топли-

вом. ■



# Болота

Е.Э. Боровский

Болота в узком смысле слова – это тип пресноводных экосистем, для которых характерно избыточное увлажнение, наличие влаголюбивой растительности и разные стадии процесса образования торфа, толщиной не менее 30 см. Ландшафты, в которых слой торфа менее 30 см, относят к заболоченным землям.

К болотам, в широком смысле, относят также переувлажненные или полузатопленные участки суши в дельтах или поймах рек (например, нашей Волги, Амазонки в Южной Америке, Нила и Нигера в Африке), а также на морских и океанических побережьях. Последних типов ландшафта в нашей стране нет, они характерны, например, для Атлантического побережья Северной Америки, вдоль которого так называемые солончаковые болота тянутся почти на 6 тыс. км.

Болота занимают небольшую часть земной поверхности (по некоторым данным, около 500 млн га, или 4% поверхности суши). Особенно значительна площадь болот и заболоченных земель в России – около 370 млн га,

что составляет почти 20% территории страны (из них болот около 140 млн га).

Собственно болота, знакомые нам, жителям России, по способу увлажнения, характеру растительности и торфяной залежи делятся на три типа: низинные, переходные и верховые.

*Низинные болота (эвтрофные)* питаются главным образом грунтовыми водами, богатыми питательными веществами. Они представлены лесными (ольшаниками, березняками), травяными (осоковыми, тростниковыми) и моховыми болотами. Располагаются такие болота обычно в поймах рек, реже – на водоразделах в пониженных местах и образуются очень быстро.

Для низинных болот из-за большого количества естественных удобрений характерна буйная и разнообразная растительность: высокие, в человеческий рост камыши, различные зонтичные, роши ольхи, берез, ив. Такие болота усеяны голубикой и моршкочкой. Характерная примета низинного болота – кочки дернистой осоки. Низинные болота дают хо-

рошие урожаи технических культур и трав, заготавливаемых на зиму на корм скоту.

Со временем низинное болото стареет, слой торфа частично перекрывают грунтовые воды и биоценоз переходит на питание атмосферными осадками. Такие *переходные болота (мезотрофные)* представляют переходную форму от низинных болот к верховым. В этой стадии развития они могут находиться довольно долго. В таких болотах уже нет буйства разнотравья, почти нет берез (их место заняла сосна), более обширен ковер мха.

*Верховые болота (олиготрофные)* расположены на водоразделах или высоких террасах рек, питаются главным образом атмосферными осадками, которые, как правило, бедны минеральными веществами. Эти болота могут быть лесными (сосна в европейской части, кедр и лиственница в Сибири) или безлесными.

Верховые болота являются конечной (климаксальной) стадией сукцессии – последовательной смены биоценозов на одной территории в результате действия экологических факторов – болотных экосистем. При отсутствии антропогенного воздействия или природного катаклизма такие болота теоретически могут существовать бесконечно, тысячелетиями. Вода для них является лимитирующим фактором (это только атмосферные осадки), поэтому верховые болота сплошь покрыты сфагновыми мхами и вересковыми кустарниками. Мхи как губки запасают воду, ее количество в них в десятки раз превышает растительную массу.

Верховые болота являются естественными плантациями ценных ягод, прежде всего клюквы и брусники, а также лекарственных растений и медоносов. Урожаи окультуренных ягодных болотных плантаций, например клюквенных в Псковской области, превышают по экономической отдаче урожаи с такой же площади зерновой пашни в 7–8 раз. В настоящее время «ягодному хозяйству» болот наносится немалый ущерб и неорганизованными сборами, и выпасами скота, и, особенно, осушением заболоченных земель.

Нередко в болота превращаются старые озера или заполненные водой бывшие карьеры. Со временем их берега зарастают камышом и тростником, как в низинных болотах. В такой застойной прибрежной зоне из-за недостатка кислорода начинаются анаэробные процессы разложения, в придонных слоях образуется *сапропель* (озерный торф). Сапропель перекрывает доступ грунтовых вод, со временем озеро затягивается сплошным ковром переплетенных корней и стеблей – *сплавниной*. В народе ее чаще называют трясинной.

Сплавнины, на которые можно наступить, осядая себя как на зыбком плоту, чередуют-

ся с незаросшими «окнами» воды, провалившись в которые можно утонуть, т.к. нигде рядом нет опоры. Такие болота встречаются на севере Нечерноземья, в Вологодской и Архангельской областях. Внешне они очень привлекательны и красивы, но местные жители стараются не ходить туда за клюквой в одиночку. В клюквенных болотах средней полосы обычно нет «оконов» и нет опасности провалиться в трясину (хотя и здесь осторожность не помешает).

Болота являются важнейшим аккумулятором и регулятором влаги. Ослабляя инфильтрацию поверхностных вод, атмосферных осадков в подстилающие грунты, болота увеличивают горизонтальный сток, питая водой ручьи, малые и большие реки.

Собирая летом большие массы осадков, болота предотвращают разрушительные паводки рек, влияют на химический состав речных вод, поглощая много вредных веществ. Действуя как губки и фильтры, торфяные массы болот улавливают азотные и фосфорные удобрения, поступающие с грунтовыми водами или в результате поверхностного смыва с полей, и даже ионы тяжелых металлов (свинец, кадмий и др.). Так же действует и густая корневая система болотных растений. Пройдя через сфагновый ковер, вода становится стерильной, поскольку эти мхи – хорошие антисептики. Вода, взятая из верховых болот, долго не портится, именно поэтому ею запасались в старину русские мореходы, отправляясь в дальние плавания.

Гадюка





Вода болот имеет огромный экологический и экономический потенциал, ценность которого в связи с ростом дефицита чистой пресной воды будет со временем возрастать.

Торф низинных болот обладает бальнеологическими свойствами, на территории таких болот в ряде стран мира созданы курорты.

При усилении парникового эффекта, характерного для настоящего времени и вызванного в значительной степени ростом содержания углекислого газа в атмосфере, болота являются важными биоценозами, способными удержать в себе большое количество углерода. Запас углерода в верховых болотах России составляет около 29 млрд т, в низинных болотах – около 1 млрд т. Болота, выводя углерод из атмосферы, в то же время продуцируют метан (тоже относящийся к парниковым газам), тем самым в определенной степени регулируют климат. Такое биосферное значение болот в углеродном цикле обуславливает необходимость охраны этих экосистем.

Болота – местообитания большого количества животных, особенно птиц. Биоценоз болот очень богат и разнообразен. Недоступ-

ность некоторых болот для человека делает их надежным и безопасным убежищем для редких и исчезающих видов: на болотах Китая зимует 90% стерхов – одного из исчезающих видов журавлиных; на болотах юга Бразилии нашел себе убежище ягуар; в США водно-болотные ландшафты являются местообитанием 35% редких и исчезающих животных.

Торф – ценное, тысячелетиями накапливаемое природой органическое вещество. Процесс торфообразования из отмерших растений, устилающих дно, сходен во многом с процессом образования угля. Слабо разложившийся торф верховых болот используется для повышения плодородия почв, урожайности картофеля и как подстилка на скотных дворах (благодаря бактерицидным свойствам и способности поглощать влагу). Хорошим удобрением является и озерный сапропель.

В химической промышленности торф используется как сырье для получения бензина, спиртов, смазок, воска, пластмасс и др. Хорошо разложившийся торф можно использовать в качестве топлива, однако следует заметить, что его теплотворная способность невелика

и, сгорая, он дает очень много золы – до четверти исходной массы.

Таким образом, болота – это ценные открытые природные экосистемы, развивающиеся во взаимодействии с другими компонентами биосферы: атмосферой, гидросферой и литосферой, связывающими в единое целое их животный и растительный мир. Сохранение таких систем необходимо для сохранения биосферы в целом.

Мировое экологическое сообщество давно озаботилось необходимостью охраны водно-болотных угодий. Еще в 1971 г. была принята Конвенция об охране водно-болотных ландшафтов как экосистем, обладающих огромным ресурсным потенциалом, играющих важную роль в сохранении биологического разнообразия – важнейшего фактора устойчивого развития биосферы. Второго февраля отмечается Всемирный день водно-болотных угодий.

Болота, являясь важнейшими биомами биосферы, обладающими значительными водными и биологическими ресурсами, тем не менее деградируют, и особенно сильно в последние десятилетия – из-за урбанизации, интенсификации сельскохозяйственного производства, строительства гидросооружений, экологически необоснованной широкомасштабной мелиорации, осушения в связи с торфоразработками (в Центральной России в основном в прошлом) и с открытием крупнейших месторождений нефти и газа в Западной Сибири.

Верховые болота с хозяйственной точки зрения долгое время рассматривались как источник торфа для топлива или, после осушения, как сельскохозяйственные угодья. Многочисленные данные свидетельствуют, что экономическая эффективность осушения болот невелика. Кроме того, осушительная мелиорация вызывает целый ряд негативных экологических последствий.

Присущая болотам естественная растительность через несколько лет после осушения деградирует и болота превращаются в бесплодные пустоши. Торфяной слой быстро срабатывается до минерального грунта, и через 10–20 лет после осушения над бывшим болотом поднимаются пыльные бури пересушенного торфа.

Осушение болот ведет к нарушению режима питания рек, мелеют и исчезают вытекающие из болот ручьи и малые реки – истоки крупных рек. Снижается уровень грунтовых вод на прилегающих к осушенным болотам территориях; усыхают леса; сокращается генофонд болотных растений и животных, количество перелетных птиц. Прекращаются традиционные промыслы – сбор ягод и лекарственных

растений. Неразумное (иначе говоря, нерациональное) природопользование в отношении болот заставляет вспомнить старинную русскую поговорку: «Было бы болото, а черти будут».

На заброшенных и нерекультивированных торфоразработках нередко возникают пожары. Если горит лес или кустарник, растущий на болотах, то загорается и торф, причем торф верховых болот горит хорошо и основательно. После того как выгорает лес, огонь внутри продолжает тлеть, и этот процесс может продолжаться месяцами, а то и годами.

Жаркое лето 2010 г. привело к лесным пожарам во многих областях России и к торфяным пожарам в Центральной России, где располагаются некогда осушенные торфяники. Горение лесов и торфяников привело к образованию смога – запылению приземной атмосферы мелкодисперсными частицами продуктов горения: аэрозолями оксидов углерода, золы и сажи. Смог, сопровождаемый запахом гари, распространился на большие расстояния от мест пожаров и на несколько недель накрыл Москву, что привело к существенному росту частоты сердечно-сосудистых и легочных заболеваний.

Неблагоприятная экологическая ситуация, связанная с образованием смога, усугубилась возникшей инверсией температуры в приземном воздухе. Инверсия характеризуется положительным градиентом  $dT/dh$ , при котором температура ( $T$ ) с высотой ( $h$ ) повышается (а не падает, как обычно), что препятствует вертикальной конвекции и рассеиванию смога.

Жертвы стихии в России этим летом не только погибшие в огне, но и умершие от жары и смога. По данным Минздравсоцразвития, аномальная жара и смог стали смертельными в прямом смысле

Выпь





fotom3.static.flickr.com

Торфяные разработки

слова: общая смертность увеличилась на 8,6% (15 тыс. человек) по сравнению с прошлым годом. По мнению члена-корреспондента РАН А.Яблокова, дополнительная смертность в Центральном федеральном округе составила от 45 до 60 тыс. человек.

По предварительным данным, площадь территорий, пострадавших в результате пожаров, составила более 400 тыс. га. На этих тер-

1 – лесной пожар (лето 2010 г.),  
2 – дым над лесами (снимок со спутника)



ecologyphoto.ru



grafika.wordpress.com

риториях погибли дикие животные и птицы, а у тех, кто выжил, возникли проблемы с питанием, местами обитания или гнездования.

Схожая ситуация была в 2002 г.: по оценкам экспертов Института экологии человека и гигиены окружающей среды, в результате загрязнения воздуха продуктами горения и смога от пожаров только в Москве погибло около 300 человек. Тогда впервые заговорили о необходимости обводнения торфяников в Московской области: тех, что подпитываются от естественных источников, ручьев и родников, – путем строительства дамб и плотин с заслонками для искусственного удержания воды; тех, у которых нет источников влаги, – прокладкой трубопроводов с насосными станциями от водоемов. Однако законченных технических проектов не было, не проводилась и экологическая экспертиза.

Сейчас к идее обводнения торфяников вернулись. НИИ гидротехники намерено в 2011 г. представить научную концепцию обводнения подмосковных торфяников с анализом возможных негативных последствий и способов их минимизации.

При благоприятных сочетаниях природных и антропогенных факторов, при снижении или снятии антропогенной нагрузки на деградированные ландшафты наблюдаются естественные восстановительные процессы. Природно-хозяйственные системы, предоставленные сами себе, через серию восстановительных сукцессий могут вернуться к новому устойчивому состоянию.

Катастрофические по масштабам стихийные или техногенные воздействия на экосистемы (в частности, пожары на торфяниках) также приведут в конце концов, вследствие упругости биосферы, к образованию новых геобиоценозов, находящихся в равновесии с факторами окружающей среды. Однако предугадать направление такой сукцессии невозможно.

При разработке экологических мероприятий по рациональному природопользованию – использованию природных ресурсов с наименьшим ущербом для природной среды – необходимо соблюдение одного из основных экологических законов, сформулированных американским экологом Б.Коммонером: «*Все связано со всем*». Этот закон предполагает необходимость научно обоснованного учета внутри- и межландшафтных взаимосвязей между компонентами и элементами экосистем. Именно с этих позиций должна вестись работа по восстановлению нарушенных в результате пожаров природных комплексов. ■



# О болотах – только факты

2 февраля отмечается **Всемирный день водно-болотных угодий**. Именно в этот день 40 лет назад в иранском городе Рамсар была подписана Международная конвенция об охране водно-болотных угодий (Рамсарская конвенция). Россия (в составе СССР) присоединилась к ней в 1975 г.

## Проблемой сохранения болот занимаются:

- Международные водно-болотные угодья – Wetlands International ([www.wetlands.org](http://www.wetlands.org)) и ее Носийская программа ([www.wetlands.org/russia/ru](http://www.wetlands.org/russia/ru))
- Международная группа по охране болот – International Mire Conservation Group ([www.imcg.net](http://www.imcg.net))
- Ассоциации Peatland Ecosystem Analysis and Training Network (<http://peatnet.siu.edu>)

## Болота – памятники природы

- Васюганские болота в Томской области – одни из самых больших болот в мире. Площадь составляет около 53 тыс. км<sup>2</sup> (для сравнения: площадь Швейцарии – 41 тыс. км<sup>2</sup>).
- Сестрорецкое болото – особо охраняемая природная территория (ООПТ). Находится в Курортном районе Санкт-Петербурга. Площадь примерно 10 км<sup>2</sup>.
- Мшинское болото в Свердловской области – государственный природный заказник федерального подчинения.
- Старосельский мох – верховое болото в Тверской области, государственный комплексный заказник регионального значения.

## Болота в названиях

- По одной из версий название столицы России – Москва – произошло от старорусского слова «мокша», что означает «болото».
- Название «Финляндия» (Суоми/Suomi) означает «страна болот».

## Болота в мифологии

- В мифологии многих культур болото ассоциируется с плохим, гиблым, нечистым местом. Согласно восточнославянской мифологии на болотах обитает болотный человек, который может заблудить путника.



Васюганские болота

- В славянской мифологии в болотах обитают кикиморы болотные. Они заманивают путников в трясины, громко взывая о помощи. Иногда людей заводят в болото лесавки – дети кикиморы и лешего.
- В славянской мифологии у болота есть свой дух-хранитель, хозяин – болотняник. Этот седой старик с широким желтоватым лицом пугает идущих через болото резкими звуками, вздохами, громкими причмокиваниями. Это он заманивает в трясины самоуверенных и беспечных и показывает безопасную тропу тем, кто относится к природе с почтением.
- В финно-угорской мифологии болото наделяет невиданной силой своего обитателя великана Яра Морта.
- В кельтской мифологии болота являлись «вратами духов» – в том месте, где кажущаяся твердой почва мгновенно уходит из-под ног, открываются врата в мир загадочных духов природы и богов. Кельты приносили на болотах жертвенные дары.
- Ханты и манси верили, что весь мир родился из «жидкой земли», то есть из болота.
- В одном из мифов о сотворении мира, болота возникли из выплюнутой изо рта черта спрятанной от бога земли. ■

По материалам Интернет

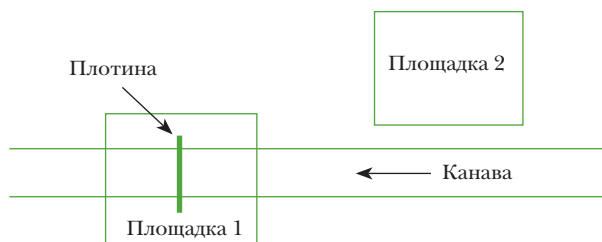
# Мониторинг восстановления болот

Для изучения реакции болота на восстановительные работы (засыпка канав, строительство плотин) проводят многолетние мониторинговые наблюдения за изменением растительности. Сравнительные исследования проводят на обводненных участках и участках, где задержание воды не проводилось.

Для полевых испытаний закладывают 4 пробные площадки 10 × 10 м. Первая опытная площадка должна включать одну из каскада установленных на одной канаве плотин (кроме самой верхней или самой нижней) и окружающую территорию. Вторую площадку закладывают выше по течению, в 5–10 м от угла первой (в диагональном направлении), там, где меньше выражен торфяной отвал, образовавшийся при сооружении канавы. Контрольную пару площадок закладывают на сходном участке болота с канавой, где плотины не соорудили. Углы контрольных и опытных площадок нужно пометить, чтобы их легко можно было найти.

Ежегодно проводят наблюдения за уровнем воды в канавах и изменением болотных микроландшафтов – приростом сфагновых и др. мхов, появлением новых видов или исчезновением имеющихся.

Уже через 3–5 лет можно будет заметить уменьшение уплотнения торфа и высоты приствольных кочек, нарастание сфагнового покрова по краям осушительных канав, уменьшение и полное выпадение заносных видов (не свойственных болотному фитоценозу).



## Общие принципы описания растительности на пробных площадках

Наиболее ярким проявлением структурных особенностей фитоценоза служит **ярусность**.

В лесном типе растительности выделяют четыре яруса: древесный, кустарниковый (подлесок), травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый.

Характеристику лесного сообщества начинают с **характеристики древесного яруса**. Он может быть простым, т.е. состоящим из одной древесной породы, или сложным – состоящим из нескольких древесных пород. Древесный ярус подразделяется на подъярусы в зависимости от величины деревьев:

- первый подъярус (деревья первой величины) – ель, сосна, береза, осина, липа, ольха черная, дуб, клен, лиственница, ясень – т.е. основные лесобразующие породы;
- второй подъярус (деревья второй величины) – черемуха, рябина, ольха серая и др.

**Состав древостоя** для яруса или для каждого подъяруса устанавливают на глаз и выражают в виде специальной формулы состава древостоя (ФСД). Породы в формуле обозначают первыми буквами их названия, написанными заглавными буквами. Доля участия обозначается числами от 1 до 10 в виде коэффициента перед названием породы. Коэффициент показывает, сколько деревьев каждой породы приходится на 10 деревьев леса вообще (например, 10С – это 100%, т.е. чисто сосновый лес). Породы, составляющие по запасу менее 5%, перечисляют без коэффициента или отделяют знаком «+»; породы, представленные одиночными экземплярами, отметкой «ед.» (единично), например, 5ЕЗБ1Л1Ос. + Ол.ч. ед.Д.

Для каждой породы указывают среднюю и максимальную высоту и диаметр. **Высоту** деревьев на маршруте проще всего определить, используя глазомер. На стволе измеряемого дерева отмечают определенную высоту, например 2 м, до какого-либо хорошо заметного сучка. Затем, отойдя от дерева, мысленно откладывают отмеренный отрезок вверх по стволу, отмечая высоту в 4 м. После этого мысленно откладывают вверх уже 4 м, замечая новую точку на стволе дерева (8 м). Так продолжают действовать, пока следующую удвоенную величину отложить уже не удастся.



Оставшийся отрезок определяют на глаз и добавляют к полученной величине. (С другими способами определения высоты можно ознакомиться на CD к № 8/2011 «Биологии» или на сайте [www.forest.ru](http://www.forest.ru).)

Для вычисления **диаметра** измеряют с помощью мерной ленты окружность ствола дерева на высоте груди (приблизительно 1,3 м от корневой шейки), а затем используют формулу  $D=L/\pi$ , где  $D$  – диаметр,  $L$  – длина окружности.

**Сомкнутость крон** определяют на глаз по их проекции и выражают в десятых долях единицы (например, 0,8; 0,3). Если просветы между кронами отсутствуют, сомкнутость принимают за единицу (1,0). Когда на деревьях нет листьев, сомкнутость определять нельзя!

Определение **сухостойности**. Сухостоем называются отмершие на корню деревья, не несущие живой кроны и даже отдельных живых ветвей. Обычно наличие сухостоя свидетельствует о неблагоприятных почвенно-грунтовых условиях, недостатке света или конкуренции. Сухостой может образоваться под воздействием сильных морозов или из-за поражения вредителями. Для сухостоя указывают количество отмерших стволов на 50 живых (по породам). Остатки деревьев высотой менее 1,5 м относятся к пням и при характеристике сухостоя не учитываются.

**Фаутность**. Всякие отклонения от нормальной формы ствола, проявляющиеся в изменении его внешнего вида, считаются фаутом. Фаутность образуется в период роста деревьев. Наиболее частые случаи фаутности – двухвершинные и искривленные стволы, морозобойные трещины, сухобочины, образование наплывов округлой или шаровидной формы. При характеристике указывается наличие того или иного фаута по породам на 50 живых стволов.

Далее необходимо дать **характеристику подроста**. К подросту относятся молодые деревца не старше 25 лет. Так как возраст определить довольно трудно, обычно к подросту причисляют нижний полог древостоя, высотой не более 1/4 от преобладающей высоты древостоя, т.е. если преобладающая высота породы 24 м, то к подросту относят деревца этой породы высотой до 6 м. Характеристика подроста позволяет судить о степени устойчивости фитоценоза. В характеристике подроста отмечают:

- обилие – обильный, густой, редкий или отсутствует;
- степень однородности – однородный, неоднородный; характер распределения по площади (как правило, группы подроста приурочены к прогалинам и более освещенным местам).

**Кустарниковый ярус**, или **подлесок**. Отмечают степень выраженности данного яруса и

характер распределения по площади, средние и максимальные высоты по породам, а также сомкнутость полога (кроме зимнего периода). На подъярусы кустарниковый ярус подразделяют по высоте:

- к первому подъярусу относятся высокие кустарники – лещина, крушина, бузина, некоторые ивы;
- ко второму – бересклет, шиповник, калина, жимолость, куманика, малина и др.

**Травяно-кустарничковый ярус**. Вначале дают общую характеристику травяного покрова и его распределения в зависимости от освещенности, а также отмечают общее проективное покрытие (ОПП), т.е. покрытие поверхности почвы всеми частями растений, при рассмотрении сверху, в %.

Составляя список видов, отмечают фенологическую фазу каждого растения и проективное покрытие каждого вида растения. Основные фенофазы записываются словами или обозначаются значками: вегетация до цветения, вегетация после цветения, бутонизация или спорообразование, начало цветения или спороношения, полное цветение или спороношение, конец цветения или спороношения; незрелые плоды, зрелые плоды, мертвые растения (ветошь).

**Мохово-лишайниковый ярус**. Дают общую характеристику яруса с указанием общего покрытия (100% – вся площадь покрыта мхами и лишайниками, оголенной почвы не видно) и покрытия зелеными, политриховыми и сфагновыми мхами, а также кустистыми и листоватыми лишайниками. Найденные грибы отмечают вместе с мхами и лишайниками.

Эпифитные мхи и лишайники, грибы-трутовики описывают как **внеярусную растительность**.

При составлении **списка растений, произрастающих на площадке**, запись видов в полевом дневнике ведут по составу жизненных форм: деревья, кустарники, травы и кустарнички, мхи и лишайники. Растения различных ярусов, видовой состав которых при описании площадки установить на месте не удастся, следует собрать в гербарий для последующего определения, присвоив им определенные номера, под которыми они вносятся в описание площадок в полевом дневнике.

При описании площадок можно использовать специально разработанные бланки описаний (см. CD к № 8/2011 «Биологии» или [www.forest.ru](http://www.forest.ru)). ■



# Эксайтотоксические соединения

А.А. Болдырев,  
д.б.н., МГУ им. М.В. Ломоносова

## ВВЕДЕНИЕ

Различные возбудимые клетки используют для передачи сигналов разные химические соединения: скелетные мышцы – ацетилхолин (по типу возбуждения их относят к холинергическим), клетки сердечной мышцы – норадреналин (адренергические системы). Эти соединения называют *медиаторами*. Нейроны мозга используют для передачи информации механизмы, в которых задействованы разные медиаторы. К ним также можно отнести серотонин, дофамин, гамма-аминомасляную, аспарагиновую и глутаминовую кислоты. Для каждого из этих соединений на мембране нейронов имеются специфические рецепторы. В синапсах нейронов, использующих для функционирования несколько медиаторов, обнаруживаются одновременно рецепторы нескольких типов (рис. 1). Нейроны как бы разговаривают друг с другом на нескольких языках одновременно. Это свидетельствует о полифункциональности клеток мозга, обеспечивающего высшую нервную деятельность животных и человека.

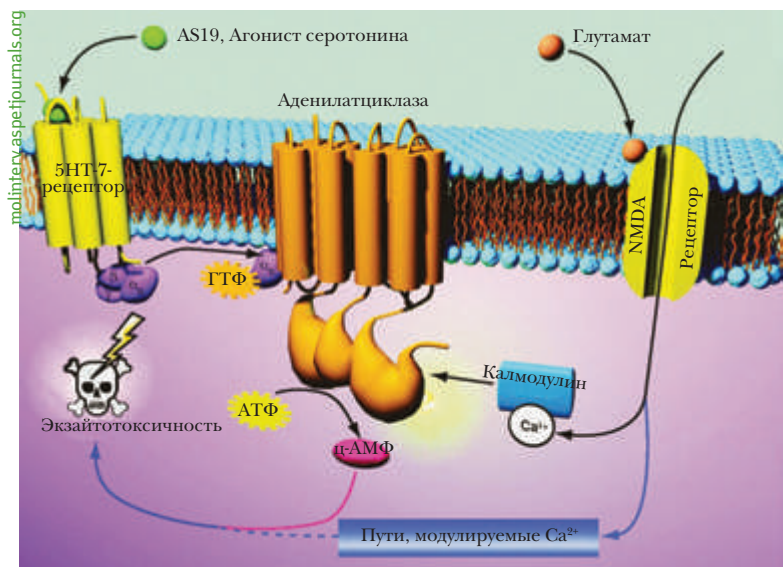
«Популярность» разных медиаторов неодинакова: хотя в некоторых областях мозга есть популяции нейронов, использующих исключительно серотонин или норадреналин, чисто серотонинергических или адренергических структур мало. В то же время структуры, использующие в качестве медиаторов глутаминовую (глутамат) и аспарагиновую (аспартат) кислоты, представлены более чем в 40% клеток мозга позвоночных животных.

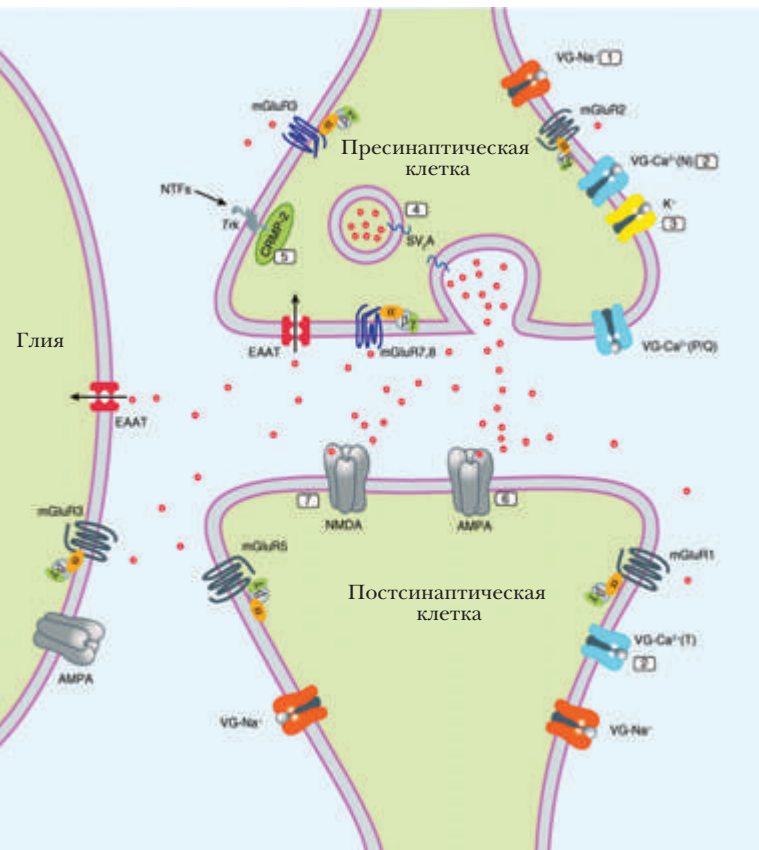
Медиаторы, высвобождаемые при возбуждении из нервного окончания (пресинаптическая зона), активируют соответствующие рецепторы на постсинаптической мембране соседнего нейрона, обеспечивая передачу сигнала. Эта активация кратковременна и по мере уменьшения концентрации медиатора угасает. Поэтому для нормального функционирования в ходе эволюции нейроны должны были «научиться» регулировать концентра-

цию высвободившегося медиатора. В ряде случаев этой цели служат специальные ферменты, разрушающие медиаторы (например, ацетилхолинэстераза, которая гидролизует ацетилхолин) или превращающие их в малоактивные соединения (моноаминоксидаза, нейтрализующая норадреналин и другие биогенные амины). Чтобы избежать перевозбуждения, клетки часто используют специальный механизм, снижающий чувствительность рецепторов к нейромедиаторам, так называемую *десенситизацию* (от англ. *sensitive* – чувствительный).

Однако в нервных окончаниях, использующих в качестве медиаторов глутамат или аспартат, не найдено ферментов, разрушающих эти соединения, и нет механизмов десенситизации. Для уменьшения количества медиаторов в синапсах мозг выработал иной способ – *обратный захват* (реаккумуляцию) медиатора в нервные клетки. Этот механизм включается автоматически при повышении

Рис. 1. Модель участка мембраны с NMDA- (N-метил-D-аспартат)-рецептором, аденилатциклазой и 5-HT<sub>7</sub>- (5-гидрокситриптамин)-рецептором





basic-clinical-pharmacology.ru

Рис. 2. Схематическое изображение синаптического контакта: 1–3 –  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{K}^+$ -каналы; 4 – везикула с молекулами медиатора; 5 – белок, переносящий медиатор; 6 – AMPA-рецептор; 7 – NMDA-рецептор; EAAT – белок, переносящий аминокислоты; mGluR – метаботропный рецептор; красным обозначены молекулы глутамата

концентрация медиатора во внеклеточной среде. Движущей силой этого процесса является асимметричное распределение ионов натрия и калия между клеткой и окружающей средой, которое создается работой  $\text{Na}/\text{K}$ -насоса. Эта ферментная система выбрасывает ионы натрия из клетки, а ионы калия переносит из окружающей среды в клетку, создавая тем самым градиент концентрации ионов натрия, направленный внутрь клетки<sup>1</sup>.

В клеточной мембране имеется специальный транспортный белок, который может возвращать в клетку ионы натрия вместе с молекулами транспортируемых в клетку соединений, например глутамата. В результате такого обратного захвата молекулы медиатора, выделив-

шиеся в межнейронное пространство при передаче возбуждения, быстро накапливаются глиальными клетками. Аналогичным образом в клетки мозга поступают и другие медиаторы, а также многие необходимые субстраты – аминокислоты, сахара. Из клеток глии эти вещества затем переносятся в нейроны, так что глиа выполняет трофическую функцию, поддерживая жизнедеятельность нейронов. Представим себе глутаматергический синаптический контакт (рис. 2). В пресинаптической зоне в везикулах концентрируются молекулы нейромедиатора, который выделяется в ответ на потенциал действия. Высвободившийся в межсинаптическую щель глутамат взаимодействует с ионотропными NMDA-рецепторами и каинат/AMPA-рецепторами на постсинаптической мембране и метаботропными рецепторами на обеих мембранах. Избыток глутамата в результате обратного захвата аккумулируется в пресинаптическое окончание и в клетки глии для превращения в  $\alpha$ -кетоглутарат и повторного использования. Клетки глии снабжают нейроны энергией, вырабатываемой в их митохондриях, и пополняют пресинаптические запасы медиатора.

Механизм обратного захвата медиаторов выглядит более экономичным, чем их ферментативная нейтрализация, т.к. позволяет клеткам многократно использовать одни и те же молекулы, не разрушая их. Однако он имеет серьезные дефекты. Эффективность обратного захвата соединений зависит от градиента концентрации ионов натрия и, следовательно, от целостности мембраны. Нарушение проницаемости мембраны и уменьшение натриевого градиента лишают этот механизм необходимой энергии. При этом высвобождаемые в области повреждения молекулы медиатора оказывают длительное возбуждающее воздействие на соседние клетки. Этот возбуждающий эффект становится вредным для клеток (токсическим), поэтому и медиаторы, имеющие такую двойственную природу, получили название *эксайтотоксических соединений* (от англ. *excitation* – возбуждение и *toxicity* – токсичность). Наиболее изучены эксайтотоксические свойства глутамата, на его примере мы и проанализируем природу этого явления.

## КАК ФУНКЦИОНИРУЮТ ГЛУТАМАТНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ

Глутаминовая кислота при всей простоте своего химического строения выполняет весьма сложные функции. Она обеспечивает передачу возбуждения в важных отделах мозга, ответственных за процессы обучения, вы-

<sup>1</sup> В биологической литературе очень часто вектору градиента приписывают обратный знак: в математике градиент – это вектор, направленный в сторону наибольшего роста величины. Поэтому правильно было бы сказать, что градиент концентрации ионов натрия направлен из клетки наружу. – Прим. ред.

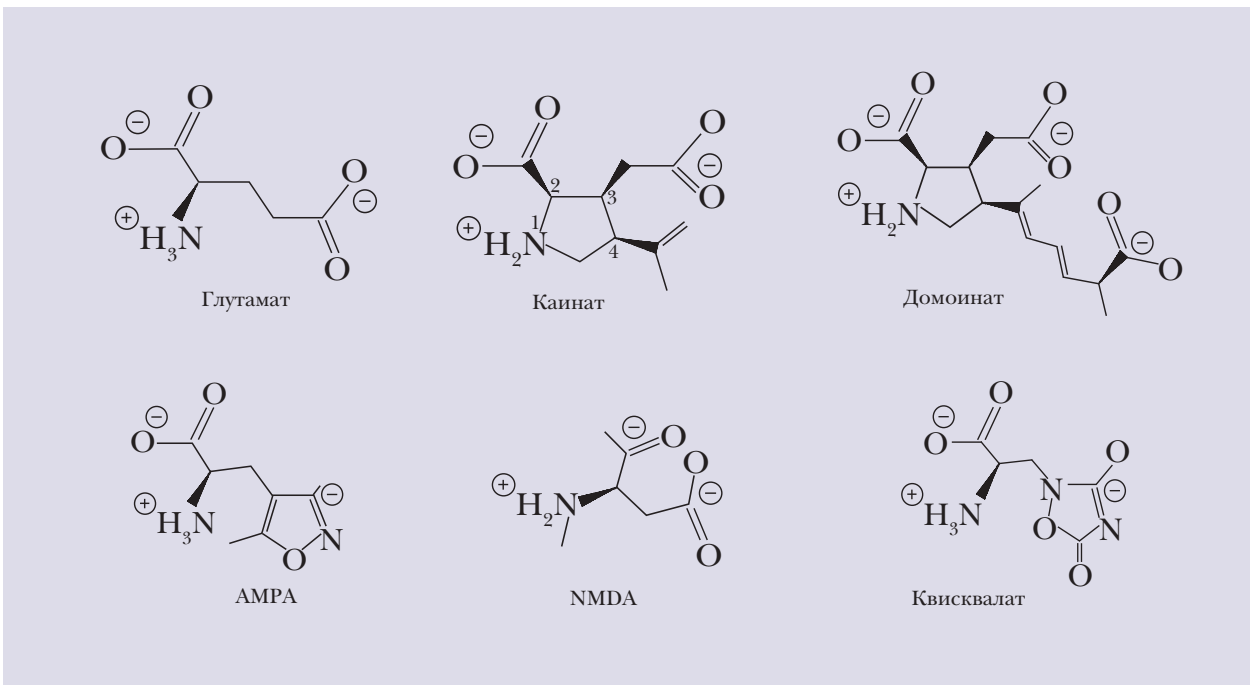


Рис. 3. Структура глутамата и его аналогов, активирующих рецепторы разного типа

явление логических связей между явлениями – формирование так называемой долговременной памяти. Вероятно, именно в связи с этим у глутаматергических нейронов отсутствует способность произвольно изменять чувствительность к медиатору (которая так сильно развита у клеток с холинергическим механизмом возбуждения). До последнего времени механизм обратного захвата казался единственным способом регулирования возбуждающего действия медиатора. В последнее время обнаружилось, что среди разнообразных рецепторов глутамата имеются и такие, которые сами передачу сигнала не обеспечивают, но регулируют чувствительность к медиатору возбуждающих глутаматных рецепторов.

Действительно, в глутаматергических нейронах обнаруживается несколько разных глутаматных рецепторов – их активация приводит к различным последствиям для нейрона. Распознать их можно, используя различные неприродные аналоги глутамата, способные взаимодействовать с рецепторами своего типа (рис. 3).

Все известные сейчас глутаматные рецепторы по своему функциональному значению делятся на два подтипа – *ионотропные* и *метаботропные* (рис. 4). Первые связаны с ионными каналами, их активация вызывает открывание канала, обеспечивая тем самым образование потенциала действия, т.е. элек-

трическую активность нейрона. Вторые взаимодействуют со специальными мембранными G-белками, связывающими гуаниловые нуклеотиды. Разнообразные G-белки могут активировать или подавлять активность ферментов, располагающихся в мембране по соседству с ними (белки K-каналов, аденилатциклазы, фосфолипазы и др.). Таким образом, активация метаботропных рецепторов позволяет управлять деятельностью целого ряда ключевых ферментов, определяющих характер клеточного метаболизма.

При активации метаботропных рецепторов в клетке, как правило, образуются сигнальные молекулы, так называемые *вторичные посланники* (*мессенджеры*), или биологически активные вещества, – циклический аденозинмонофосфат (цАМФ), диацилглицерол, арахидоновая кислота, которые, в свою очередь, регулируют активность важных клеточных ферментов. Функцией метаботропных рецепторов, таким образом, является коррекция метаболизма, за что эти рецепторы и получили свое название.

Ионотропные рецепторы по типу активирующих их искусственно синтезированных лигандов – аналогов глутамата делятся на рецепторы, активируемые NMDA – N-метил-D-аспарагиновой кислотой (NMDA-рецепторы), каинатом (каинатные рецепторы) и AMPA – 2-амино-3-окси-5-метилизоксазолпропанолом (AMPA-рецепторы). Каинатные рецепторы могут активироваться высокими концентрациями AMPA, а AMPA-рецепторы – каинатом; поэтому их часто объединяют в один

общий класс. Считалось, что ионотропные рецепторы и связанные с ними ионные каналы располагаются только на постсинаптической мембране принимающего возбуждение нейрона. Недавно каинатные рецепторы были обнаружены и на пресинаптической мембране. Там они увеличивали продолжительность периода возбуждения: медиатор, высвобождаясь в межсинаптическую зону, получает возможность активировать каинатные рецепторы на пресинаптической мембране. Это вызывает ее деполяризацию и усиливает выделение медиатора из нервного окончания.

Метаботропные рецепторы также подразделяют на несколько классов, различающихся набором входящих в них белков, а также мембранных белков-мишеней, активность которых они регулируют. Все метаботропные рецепторы активируются квискваленовой кислотой. Эти рецепторы обнаружены как на пресинаптической, так и на постсинаптической мембранах. Переходя в активное состояние, метаботропные рецепторы способны регулировать активность ионных каналов, зависящих от ионотропных рецепторов, ускоряя или замедляя их работу. Этот механизм может заменять глутаматергическим системам отсутствующие у них механизмы десенситизации.

Формирование поведенческих навыков или условных рефлексов у животного (обучение, создание ассоциативных связей и т.д.) реализуется в головном мозге при участии глутаматных рецепторов. В настоящее время физиологи установили, что долговременная потенция (Long Term Potentiation, LTP) и долговременное подавление (Long Term Depression, LTD)

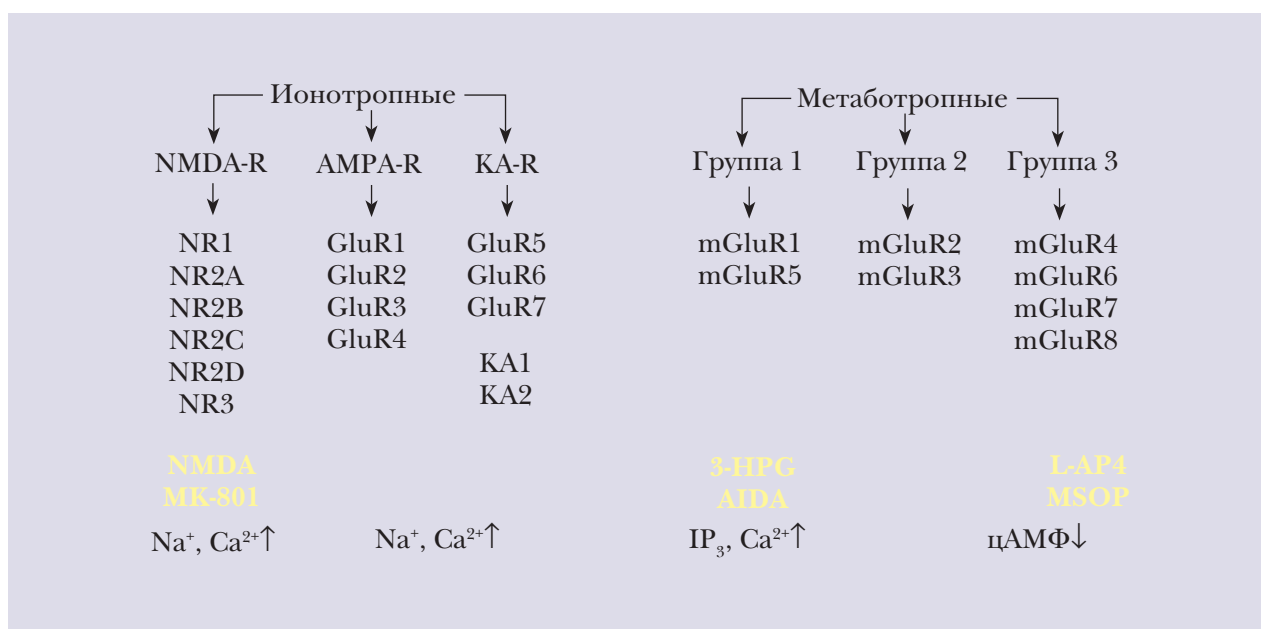
активности глутаматергических нейронов, т.е. процессы, за которые ответственны метаботропные рецепторы, непосредственно участвуют в молекулярных механизмах формирования памяти.

В норме высвобождение глутамата в межсинаптическое пространство активирует AMPA/каинатные рецепторы и приводит к возникновению электрического импульса на постсинаптической мембране. Этот импульс повышает чувствительность рецепторов NMDA-класса, которые могут взаимодействовать с медиатором, если к этому времени он еще обнаруживается в межсинаптическом пространстве. При этом метаботропные рецепторы также могут модифицировать активность этих рецепторов, изменяя сродство к медиатору. Таким образом, длительное или повторяющееся возбуждение синапса увеличивает вероятность активации NMDA-рецепторов.

## В ЧЕМ ПРИЧИНА ТОКСИЧНОСТИ ГЛУТАМАТА

Как мы говорили, все ионотропные рецепторы формируют возбуждение благодаря активации связанных с ними ионных каналов. Открывание каналов приводит к входу положительно заряженных ионов в клетку, вследствие чего и формируется возбуждающий импульс. Ионные каналы, связанные с

Рис. 4. Классификация глутаматных рецепторов. Для каждого из типов рецепторов приведены специфические ингибиторы (МК-801 для NMDA-рецепторов, L-AP 3 – для метаботропных рецепторов и CNQX – для каинат/AMPA активируемых рецепторов)



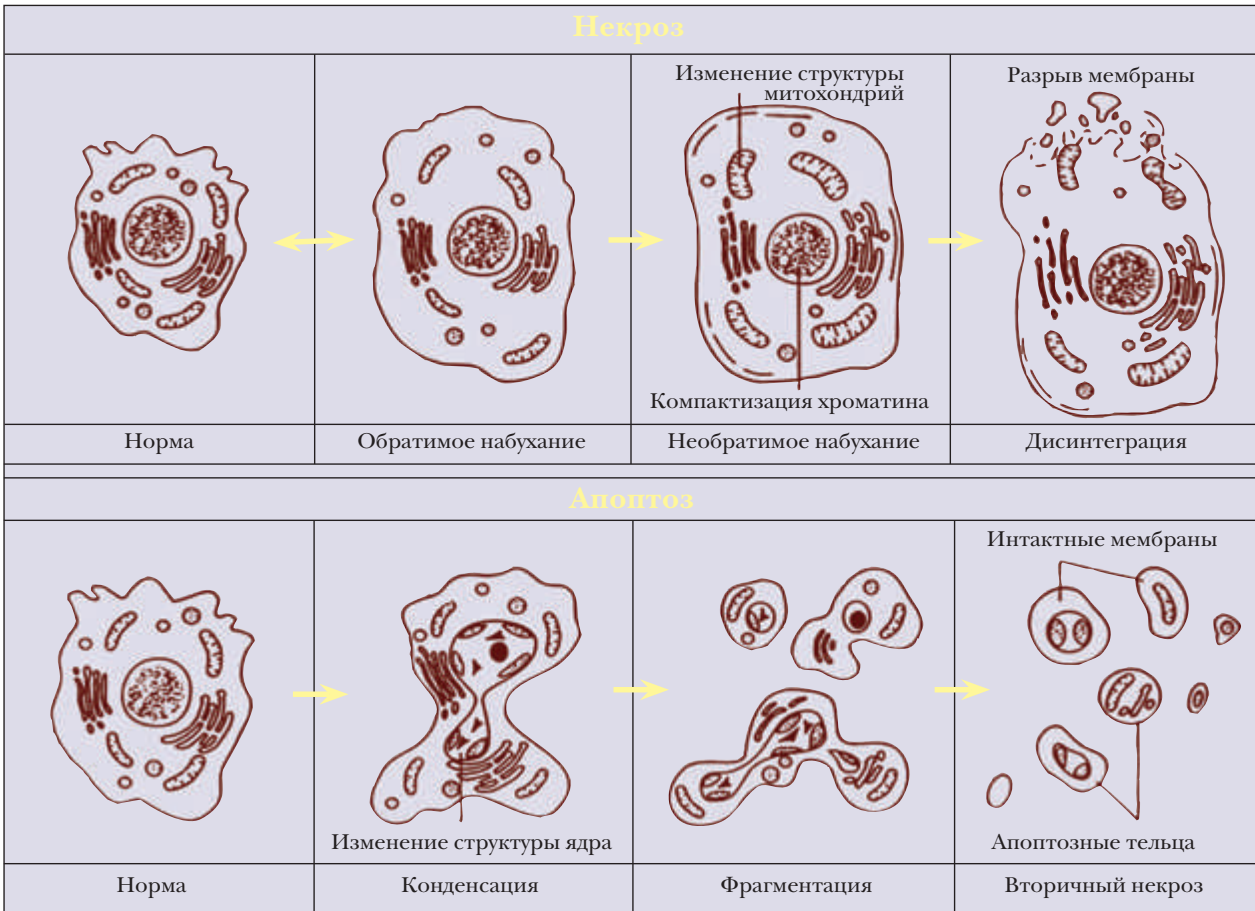


Рис. 5. Схематическое изображение стадий некроза и апоптоза

AMPA/каинатными рецепторами, имеют размеры, позволяющие при возбуждении пропускать преимущественно ионы натрия. NMDA-активируемые рецепторы связаны с ионными каналами, обеспечивающими проницаемость как для натрия, так и для кальция. Противоионом для каналов всех типов (т.е. ионом, выходящим из клетки и компенсирующим возникающую деполяризацию мембраны) является калий.

В нормальных условиях возбуждение ионотропных рецепторов краткосрочно (не более 10 мс). Вслед за этим концентрация свободного глутамата в межсинаптическом пространстве начинает уменьшаться за счет его обратного захвата. Однако даже за столь короткий период мембрана принимающего информацию нейрона успевает трансформировать физиологический сигнал (локальное возбуждение) в ряд биохимических реакций.

Повышение концентрации ионов натрия внутри нейрона активирует Na/K-насос. Одновременно в митохондриях клетки усиливается образование кислородных радикалов, в

основном супероксид-аниона (подробнее см. [5]). Что именно вызывает всплеск уровня кислородных радикалов, точно не известно. Одной из непосредственных причин этого считают появление в цитоплазме нейрона свободных ионов кальция. Действительно, кальций активирует целый ряд клеточных ферментов, активность многих из них связана с образованием свободных радикалов. Однако рост активных форм кислорода в нейронах обеспечивается активацией не только NMDA-активируемых, но и каинатных рецепторов.

То, что активация глутаматных рецепторов индуцирует повышение в клетке уровня свободных радикалов, является хорошо установленным фактом. Эти реакции отражают нормальное протекание метаболизма – в тех незначительных концентрациях, которые характерны для нормальных условий функционирования клетки, свободные радикалы не опасны, более того – необходимы. Их присутствие активирует многие процессы в мозге: например, свободный радикал оксида азота (NO) влияет на снабжение мозга питательными веществами.

Как и все активные (свободнорадикальные) молекулы, NO-радикал обладает коротким временем жизни. Он образуется в клетках при

участи фермента Са-зависимой-NO-синтазы и за несколько секунд между образованием и распадом в тканях успевают активировать фермент, образующий вторичный мессенджер – циклический ГМФ (аналог ц-АМФ, подробнее см. [2]). Одна из функций ц-ГМФ состоит в расслаблении гладких мышц. Поэтому в результате образования NO в тканях мозга происходит расширение сосудов, стенки которых выстланы гладкомышечными клетками. В результате этого улучшается кровоснабжение и доставка к нейронам питательных веществ – главным образом глюкозы и кислорода. В неблагоприятных условиях (спазм сосудов, нарушение кровоснабжения мозга) таким способом срочно мобилизуются внутренние ресурсы мозга для восстановления кровоснабжения. Такой же механизм поддержания обмена веществ реализуется и в сердечной мышце (в основе действия ряда медикаментозных средств, используемых для улучшения кровоснабжения мозга и сердца, например нитроглицерина, лежит их способность выделять NO).

Что же происходит при избыточном накоплении свободных радикалов? Возникнет *окислительный стресс*. Рост концентрации свободных радикалов не может компенсироваться клеточной системой антиоксидантной защиты, радикалы начинают атаковать белки, нуклеиновые кислоты и липиды, повреждая клеточные мембраны, модифицируя белки-ферменты, окисляя нуклеиновые кислоты. В таких клетках будет нарушена целостность мембран, во внутреннее пространство из внеклеточной среды хлынут ионы кальция, довершая процесс разрушения клеточных структур вследствие активации протеиназ и фосфолипаз. Такие клетки не смогут аккумулировать глутамат для понижения его концентрации во внеклеточной среде.

В результате перепроизводство свободных радикалов приведет к нарушению целостности клеток и к невозможности выполнения ими своих функций. Поэтому-то глутамат и проявляет как способность возбуждать нейроны, так и оказывать токсическое действие при нарушениях целостности клеточной мембраны, т.е., как было определено выше, эксайтотоксичность.

## ГЛУТАМАТ И КЛЕТОЧНАЯ СМЕРТЬ

Что же делать с клетками, которые оказались повреждены свободными радикалами? Можно ли их репарировать? Согласно современным представлениям, те клетки, которые подверглись кратковременной свободнорадикальной атаке, имеют шанс на выживание. Те

же, что были повреждены более основательно, должны умереть. Все зависит от глубины повреждения клетки. Действительно, свободнорадикальное повреждение нуклеиновых кислот приводит к мутации генов, и, чтобы застраховаться от передачи дочерним клеткам дефектов наследственного материала, надо устранить носителей испорченной информации.

Исследование механизмов клеточной смерти показало, что этот процесс может протекать двумя принципиально различными путями. Один из них *некроз*, другой – *апоптоз* (рис. 5). При некрозе подавляется клеточный анаболизм, снижается уровень АТФ, клетка набухает, активируются все катаболические процессы, ферменты распада уничтожают клеточное содержимое. При активации апоптоза клетка сжимается, некоторые метаболические процессы активируются (происходит избирательная экспрессия генов и синтез некоторых специальных белков). Разрушение клетки осуществляется планомерно и под контролем специальных сигналов (недаром апоптоз называют программированной клеточной смертью). Клетка фрагментируется, образуя так называемые апоптозные тельца.

Между апоптозом и некрозом имеются и существенные функциональные различия. Самое главное, что некроз большого количества клеток может привести к образованию воспалительного очага. При апоптозе воспалительная реакция не возникает. Более того, постепенная фрагментация клеток, претерпевающих апоптоз, позволяет использовать их фрагменты (например, клеточные рецепторы) в построении новых клеток.

Кроме того, апоптоз участвует в выполнении специфических функций организма, например онтогенетически запрограммированном изменении формы тела (утрата хвоста головастика при его превращении во взрослую лягушку) или метаморфозе у насекомых (гусеница – куколка – бабочка). При совершенствовании иммунной системы высших животных лимфоциты, проходящие обучение в вилочковой железе (тимусе), оснащаются рецепторами и другими информационными белками, используя фрагменты клеток тимуса (timoцитов), апоптоз которых активируется попадающей в организм инфекцией, т.е. готовность распознавать и уничтожать чужеродные белки, попадающие в организм, формируется ускоренным путем.

Интересно, что на ранних стадиях онтогенеза позвоночных животных исходное количество нейронов головного мозга намного превышает то, которое обнаруживается в зре-

**Таблица 1. Патологии, связанные с модуляцией апоптоза**

Стимуляция апоптоза	Подавление апоптоза
СПИД. Нейродегенеративные заболевания: болезнь Альцгеймера, болезнь Пакринсона, церебральные дегенерации. Ишемические заболевания: инфаркт миокарда, инсульт. Токсикоз печени: алкоголь	Злокачественные заболевания: фолликулярные лимфомы, карциномы, рак простаты. Мутации, приводящие к активации гена Р53. Аутоиммунные заболевания. Вирусные инфекции: аденовирус, герпес

лом возрасте. По мере развития мозга нейроны формируют межнейрональные контакты (синапсы), образуя общую сеть. При этом нейроны, по каким-либо причинам не успевшие включиться в эту сеть, оказываются «лишними» и подвергаются уничтожению, которое осуществляется по пути апоптоза. К старости апоптоз вновь усиливается и служит одним из механизмов ограничения биологической продолжительности жизни.

Апоптоз участвует и в целом ряде патологических процессов (табл. 1). Злокачественные заболевания сопровождаются его подавлением, в то время как ишемическое повреждение мозга или сердца (инсульт и инфаркт миокарда) или СПИД протекают на фоне усиленного апоптоза клеток. Активируется апоптоз и при нейродегенеративных заболеваниях мозга. При болезни Альцгеймера, впервые описанной в самом начале XX в. и встречающейся все чаще по мере возрастания продолжительности жизни, наблюдается мощная активация апоптоза нейронов. По мере развития этого заболевания происходит затухание функций высшей нервной деятельности и ослабление интеллектуальных возможностей мозга.

**Таблица 2. Факторы регуляции апоптоза**

Активаторы апоптоза	Ингибиторы апоптоза
Активаторы апоптоза Нейромедиаторы: глутамат, допамин.	Факторы роста
Глюкокортикоиды	Половые гормоны
Этанол	Ингибиторы протеаз
Оксиданты, свободные радикалы	Вирус герпеса
Радиация	Стимуляторы канцерогенеза
Тепловой шок	Ионы цинка

Одним из природных факторов, вызывающих апоптоз нервных клеток, является эксайтотоксичность глутамата (табл. 2). При нарушениях мозговой деятельности бесконтрольное высвобождение глутамата увеличивает в нейронах уровень свободных радикалов, индуцирующих апоптоз. При экспериментальном инсульте у лабораторных животных было показано, что эксайтотоксичность глутамата является одним из ведущих факторов повреждения клеток головного мозга, при этом наибольшую опасность представляет длительная активация NMDA-рецепторов.

Некоторые биологически активные вещества, например гормон гипофиза мелатонин, способны подавлять продукцию свободных радикалов и препятствовать смерти клеток. Эти факты позволили высказать предположение, что возрастные изменения, в частности снижение продукции гормонов (как и факторов роста), наблюдающееся при старении, могут ослабить природные механизмы, препятствующие гибели клеток головного мозга. Эти факты позволяют предложить возможные пути борьбы с преждевременным старением за счет восстановления природных механизмов устойчивости клеток к факторам клеточной смерти. Современные исследования вселяют уверенность в том, что уже в ближайшем будущем ученым будет доступно понимание молекулярных механизмов, управляющих жизнестойкостью нейронов, и будут предложены рекомендации по защите мозга от неблагоприятных факторов. ■

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Красота и мозг. Биологические аспекты эстетики / Под ред. И.Ренчлер. – М.: Мир, 1995.
2. Ткачук В.А. Молекулярные механизмы нейроэндокринной регуляции // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 6. С. 16–20.
3. Скулачев В.П. Кислород в живой клетке – добро и зло // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 3. С. 4–10.
4. Болдырев А.А. Механизм возбуждения, повреждения и гибели нейронов // Природа. 1988. № 7. С. 10–18.
5. Скулачев В.П. Старение организма – особая биологическая функция, а не результат поломки сложной живой системы: биохимическое обоснование гипотезы Вейсмана // Биохимия. 1998. Т. 62. С. 1394–1399.
6. Хухо Ф. Нейрохимия: основы и принципы. – М.: Мир, 1990.
7. Нейрохимия / Под ред. Ю.А. Владимирова. – М.: Дрофа, 2010.
8. Окислительный стресс и антиоксиданты: организм, кожа, косметика. Сб. статей / Под ред. А.Петрухиной. – М.: ИД Косметика и медицина, 2006.
9. Болдырев А.А. Карнозин и защита тканей от окислительного стресса. – М.: Диалог-МГУ, 1999.



# Энергосбережение и ЭКОЛОГИЯ



[www.beverlypubliclibrary.org](http://www.beverlypubliclibrary.org)



[www.uicomp.ru](http://www.uicomp.ru)

**Кристина Реденко,**  
ученица 11-го класса

Руководитель: **О.Ю. Мизинова,**  
ГБОУ СОШ № 506, г. Москва

Основное количество электроэнергии на земле вырабатывается на тепловых электростанциях путем сжигания угля и углеводородного топлива (нефти и газа). Но их запасы в недрах земли ограничены и невозполнимы, а альтернативные способы получения электроэнергии пока не могут заменить традиционные. Потребности же человечества в электроэнергии растут с каждым днем, поэтому самый простой путь к благоприятному энергетическому и экологическому будущему человечества – энергосбережение.

Разговор об экономии электроэнергии начнем с источников света.

## Лампы накаливания

С тех пор как Томас Алва Эдисон изобрел лампочку накаливания, прошло 124 года, однако она продолжает верой и правдой служить людям. Почти вся подаваемая в лампу энергия превращается в излучение, основная часть которого лежит в невидимом человеку инфракрасном диапазоне и воспринимается в виде тепла. Коэффициент полезного действия ламп накаливания достигает своего максимального значения 15% при нагревании тела накала до температуры около 3400 оК. На практике при температурах в 2700 оК КПД составляет 5%. С возрастанием температуры КПД лампы накаливания возрастает, но при этом существенно снижается ее долговечность.

При увеличении напряжения на 20%, яркость возрастает в два раза, а срок службы лампы уменьшается на 95%. Понижение напряжения в два раза (например, при последовательном включении) сильно уменьшает КПД, но зато увеличивает срок службы почти в тысячу раз. Этим эффектом часто пользуются при обеспечении дежурного освещения, не требующего особой яркости, например на лестничных площадках.

Время жизни лампы накаливания зависит в основном от возникающих в нити неоднородностей. Неравномерное испарение материала нити приводит к возникновению истонченных участков с повышенным электрическим сопротивлением, что, в свою очередь, ведет к еще большему нагреву и испарению материала в таких местах. Когда одно из сужений истончается настолько, что материал нити в этом месте плавится или полностью испаряется, ток прерывается и лампа выходит из строя.

Износ нити накала происходит преимущественно при резкой подаче напряжения на лампу. Удельное сопротивление холодной вольфрамовой нити накаливания всего в 2 раза выше, чем сопротивление алюминия. При перегорании лампы часто бывает, что сгорают медные проводки, соединяющие контакты цоколя с держателями спирали. Обычная лампа на 60 Вт в момент включения потребляет свыше 700 Вт, а 100-ваттная – более киловатта. По мере прогрева спирали ее сопротивление возрастает, а мощность падает до номинальной.



[www.divolight.ru](http://www.divolight.ru)

Размеры колб, газовая среда внутри них, тела накала, типы цоколей ламп накаливания весьма разнообразны и зависят от их назначения.

**Преимущества ламп накаливания:**

- большой ассортимент ламп, предназначенных для самого разного напряжения (от долей вольта до сотен вольт);
- непрерывный спектр излучения;
- большой выбор размеров и типов цоколей;
- возможность работы на постоянном (любой полярности) и переменном токе;
- отсутствие мерцания и гудения при работе на переменном токе;
- малая стоимость;
- отсутствие токсичных компонентов.

**Недостатки ламп накаливания:**

- низкая световая отдача;
- относительно малый срок службы;
- зависимость световой отдачи и срока службы от напряжения.

Во всем развитом мире в настоящее время принимают законы, запрещающие применение этих источников света. У жителей Великобритании, стран Евросоюза, Австралии и США в светильниках скоро не останется ни одной лампы накаливания, им на смену придут энергосберегающие компактные люминесцентные лампы. А привычные нам лампочки увидеть можно будет только в музее, в зале, где сейчас выставлены лучины, факелы и керосиновые лампы.



**Энергосберегающие лампы**

Компактные люминесцентные лампы обычно называют энергосберегающими, поскольку при такой же яркости, как у ламп накаливания, они потребляют в 5 раз меньше энергии и служат дольше. Экономия электроэнергии при этом достигает 80%. Современные энергосберегающие лампы изготавливаются под стандартный или уменьшенный патрон и могут использоваться в тех же светильниках, что и обычные лампы. Во многих развитых странах, включая Россию, переход на энергосберегающие лампы объявлен приоритетной задачей на ближайшие годы. Запрет на производство и оборот коснется пока только ламп накаливания мощностью более 100 Вт. Подобная мера позволит экономить 10–20% электроэнергии.

Люминесцентные лампы имеют и другие важные достоинства. Спектральный состав их излучения наиболее близок к спектру солнечного света (из-за чего их называют лампами дневного света). Кроме того, в зависимости от используемого инертного газа люминесцентные лампы могут иметь другие цвета свечения, например: неоновые – оранжевый, аргоновые – синий.

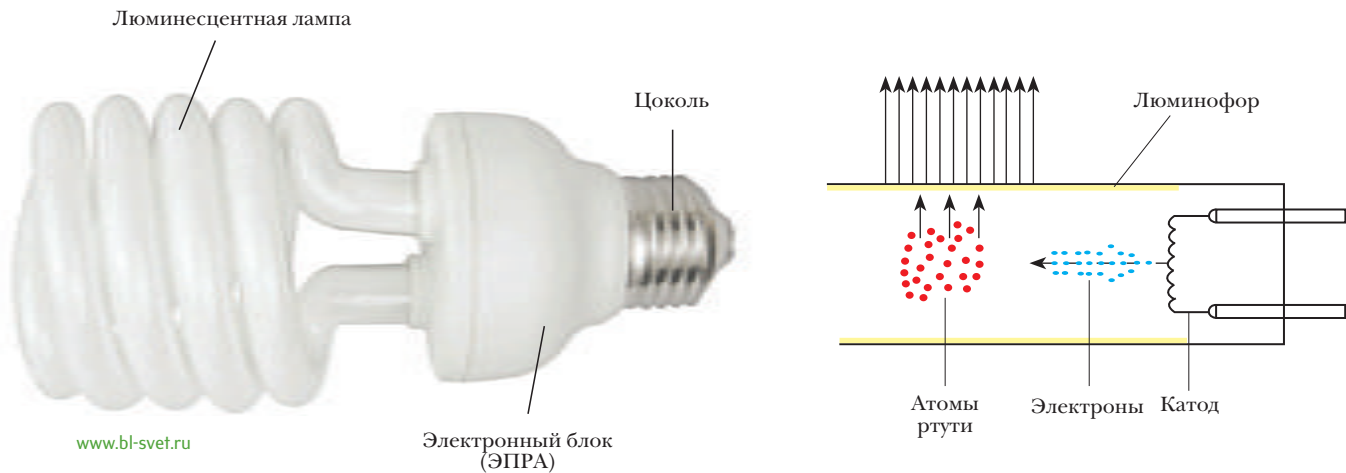
Энергосберегающие лампы (ЭСЛ) состоят из нескольких основных частей:

- колба;
- корпус;
- цоколь;
- балласт.

Колба энергосберегающей лампы представляет собой запаянную с двух сторон трубку, заполненную парами ртути и аргона. (Ртуть в колбе содержится крайне мало, не более 3 мг, что в сотни раз меньше, чем в бытовом градуснике, но нельзя забывать, что ртуть очень токсичное вещество.) Изнутри поверхность трубки покрыта слоем люминофора. В двух противоположных концах трубки расположены электроды.

Электроды представляют собой тройную спираль, покрытую оксидным слоем. Именно благодаря этому слою электроды создают поток электронов (термоэлектродная эмиссия).

При подаче напряжения на электроды через них начинает течь ток прогрета, разогревая электроды. При достижении определенной температуры поверхности электрод начинает испускать поток электронов. Электроны, сталкиваясь с атомами ртути, вызывают ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение), которое, попадая на люминофор, преобразуется в видимый свет. Частицы оксидного слоя вступают в реакцию с газом, которым заполнена колба, сгорают и оседают на колбе вблизи электрода.



А разрушение оксидного слоя увеличивает сопротивление электрода.

Визуально конечная стадия процесса разрушения электродов выглядит так. Лампа начинает заметно мерцать, световой поток увеличивается, после чего лампа вскоре выходит из строя. В процессе работы в колбе происходит достаточно интенсивное хаотичное движение электронов и ионов, поэтому слой люминофора с течением времени разрушается и световой поток лампы снижается. Нормой считается падение светового потока не более чем на 20% за 2 тыс. ч.

Свет ЭСЛ имеет так называемый линейчатый спектр. Лампа накаливания имеет сплошной спектр (именно поэтому многие считают спектр ламп накаливания более приятным для глаз, чем спектр энергосберегающих ламп), но с полным отсутствием части синей области спектра и сильным смещением в красную область спектра.

#### **Преимущества энергосберегающих ламп:**

- потребляют в 5 раз меньше энергии, чем лампы накаливания, экономя до 80% электроэнергии;
- служат в 6, 10, а то и в 15 раз дольше ламп накаливания;
- выделяют в несколько раз меньше тепла, чем лампы накаливания (незначительное тепловыделение позволяет использовать энергосберегающие лампы большой мощности в пластмассовых бра, светильниках и люстрах);
- благодаря электронному балласту мерцание светового потока полностью отсутствует;
- прекрасно работают при пониженном до 180 В напряжении;
- может быть установлена в тот же патрон, что и лампа накаливания.

#### **Недостатки энергосберегающих ламп:**

- некомфортность люминесцентного освещения для глаз;

– в нормальный режим лампа входит приблизительно через 3–5 мин после включения;

– кратковременные включения и выключения лампы (как мы привыкли с лампой накаливания) снижает ее срок службы;

– один из самых серьезных недостатков – наличие ртути (!), что требует особых мер по утилизации этих источников освещения.

#### **Влияние ртути на организм человека**

В обычных условиях ртуть представляет собой серебристо-белый тяжелый жидкий металл. Ртуть испаряется при комнатной температуре с довольно высокой скоростью, которая с ростом температуры увеличивается. Это приводит к созданию опасной для живых организмов атмосферы. Пары ртути не имеют ни вкуса, ни запаха; их наличие в воздухе обнаруживается только с помощью специальной аппаратуры. Пары ртути тяжелее воздуха в 7 раз, однако следует учитывать, что они не накапливаются в нижних зонах помещений, а распространяются равномерно. Ртуть легко сорбируется из воздуха отделочными и декоративными материалами: тканями, ковровыми и деревянными изделиями и др., откуда она может снова при изменении условий (механическое воздействие, повышение температуры и т.д.) попадать в воздух помещения за счет процесса десорбции. В воздухе ртуть способна находиться не только в форме паров, но и в виде летучих органических соединений, а также в составе атмосферной пыли и аэрозолей твердых частиц. Относительно легко ртуть проникает сквозь многие строительные материалы (различные бетоны и растворы, кирпич, строительные плитки, линолеум, мастики, лакокрасочные покрытия и др.).

Ртуть обладает малой вязкостью и высоким поверхностным натяжением, поэтому при падении или надавливании она распадается на мелкие шарики, что значительно увеличивает

ет поверхность ее испарения. На воздухе при комнатной температуре ртуть не окисляется.

Из-за разнообразного спектра негативного воздействия на живые организмы Всемирная организация здравоохранения относит ртуть к самым распространенным и опасным для окружающей среды токсикантам. Наряду с общетоксическим действием (отравлениями) ртуть и ее соединения вызывают тератогенный (пороки развития и уродства) и мутагенный (возникновение наследственных изменений) эффекты.

**Основные пути воздействия ртути на человека связаны с:**

- вдыханием паров металлической ртути, находящихся в воздухе;
- использованием пищевых продуктов, содержащих производные ртути;
- потреблением питьевой воды, загрязненной ртутью;
- случайными (но нередкими в обыденной жизни) воздействиями через кожу при купании в загрязненном водоеме и др.

**При воздействии ртути на человека возможны:**

- острые отравления (проявляются быстро и резко, обычно при дозах, превышающих  $0,1 \text{ мг/м}^3$ );
- хронические отравления (вызываются влиянием малых доз ртути в течение относительно длительного времени – не более сотых долей  $\text{мг/м}^3$ ).

При острых отравлениях наблюдаются угнетение центральной нервной системы, падение кровяного давления; впоследствии развивается тяжелое поражение почек. Вдыхание паров ртути сопровождается симптомами острого бронхита, бронхоолита и (при сильном воздействии) пневмонии.

При хронических отравлениях наблюдается общее недомогание, потеря аппетита, исхудание, раздражительность, развивается апатия, эмоциональная неустойчивость (ртутная неврастения), появляются головные боли, головокружения, бессонница; возникает состояние с повышенной психической возбудимостью (ртутный эретизм), нарушается память. Длительное воздействие характеризуется появлением астеновегетативного синдрома с отчетливым ртутным тремором (дрожание рук, ног, языка, век и даже всего тела), неустойчивым пульсом, тахикардией, психическими нарушениями.

Токсический эффект при воздействии малых доз ртути может быть скрытым, и симптомы отравления могут проявиться лишь через несколько лет.

Особую опасность представляют органические соединения ртути. Микроорганизмы в загрязненной ртутью воде легко переводят неорганические соединения ртути в ион метилртути. Эти ионы активно абсорбируются и, попадая в кровь, мозг, вызывают кумулятивный эффект, приводя к необратимым нарушениям в организме. Важнейшие признаки отравления ими – тяжелое поражение центральной нервной системы, атаксия (расстройство согласованности в сокращении различных групп мышц), нарушения зрения, парестезия (ощущения онемения, покалывания, ползания мурашек и т.д.), дизартрия (расстройство речи), нарушение слуха, боль в конечностях.

Нарушения, вызываемые органическими производными ртути, практически необратимы и требуют чрезвычайно длительного лечения. Высокая токсичность метилртути (даже при поступлении в организм малых ее количеств в течение длительного времени) обусловлена ее способностью легко растворяться в липидах, что позволяет ей проникать через биологические мембраны клеток, особенно головного и спинного мозга.

При обнаружении утечки ртути все проживающие поблизости от источника загрязнения люди эвакуируются, а на место утечки выезжают специалисты, которые проводят демеркуризацию. Однако полностью уничтожить следы ртути невозможно, и она продолжает испаряться еще несколько десятков лет. Если разлить на какой-нибудь территории ртуть, то все расположенные на ней строения необходимо демеркуризировать, а верхний слой почвы вывезти в специализированное хранилище. Зараженную территорию придется объявить закрытой зоной до тех пор, пока вся ртуть не нейтрализуется за счет естественных процессов.

Учитывая невозможность массового перехода на безртутные технологии, широкую распространенность медицинских и электротехнических ртутьсодержащих изделий, высокую вероятность ртутного загрязнения при неправильном обращении с ртутьсодержащими отходами, необходимо констатировать, что проблема ртутной безопасности является одной из приоритетных экологических, медицинских и социальных проблем.

## Заключение

Энергосберегающие технологии позволяют экономить электроэнергию, но имеют очень серьезный недостаток – наличие ртути. Энергосберегающие лампы нельзя выбра-



# Викторина

## «На грани ВЫЖИВАНИЯ»

С.В. Зуева,

учитель биологии, МОУ «Гимназия № 18»,  
г. Ленинск-Кузнецкий, Кемеровская обл.



**1.** Что такое анабиоз? Что означает это слово в переводе с греческого языка? (Анабиоз – это состояние временного физиологического покоя, возникающее в жизненном цикле организмов как специальное приспособление, обеспечивающее возможность пережить неблагоприятные условия среды. В переводе с греческого («анна» – обратно, и «биос» – жизнь) это слово означает «возвращение к жизни».)



**2.** С явлением анабиоза тесно связаны такие понятия, как «гибернация», «эстивация» и «летаргия». Что означают эти понятия и для каких организмов характерны эти явления? (Гибернация (от лат. «гибернус» – зима и «гибернар» – перезимовать) точно соответствует понятию «зимняя спячка» у животных. С физиологической точки зрения – это состояние оцепенения, сопровождающееся значительной заторможенностью ряда физиологических процессов, но при продолжающемся контроле со стороны центров терморегуляции. Эстивация (от лат. «эстас» – лето) – это «летняя спячка», сонное, неактивное состояние некоторых животных при наступлении засухи, когда становится невозможным добывать пищу и воду. Летаргия – состояние патологического (болезненного) сна у человека, не поддающееся насильственному прекращению. Этот

термин совсем не подходит для определения физиологических явлений у животных.)

**3.** Как называют животных с непостоянной температурой тела, зависящей от окружающей температуры, а как – животных с постоянной температурой тела? (Соответственно холоднокровными, или пойкилотермными, и теплокровными, или гомойотермными.)

**4.** Приведите примеры пойкилотермных и гомойотермных животных. (Пойкилотермные – моллюски, ракообразные, паукообразные, насекомые, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся; гомойотермные – птицы и млекопитающие.)

**5.** Всем известно выражение: «Я тебе покажу, где раки зимуют!» Откуда оно появилось и можно ли на самом деле показать, где зимуют раки? (Предполагают, что эта поговорка появилась во времена крепостного права, когда помещики наказывали провинившихся крепостных мужиков, заставляя их зимой ловить раков. Зимой это сделать почти невозможно, так как раки зимуют, глубоко зарывшись в ямы на дне водоемов.)

**6.** Некоторые виды рыб приспособливаются к замерзанию водоемов. Каким образом они это делают? Приведите примеры. (Так называемая черная рыба (*Dallia pectoralis*) обитает в холодных водоемах Чукотки и Аляски. Лед здесь тает только в летние месяцы, которые рыба использует для размножения. В остальной период года рыбы зарываются и вмерзают в ил. Если температура их тела не падает ниже  $-0,3^{\circ}\text{C}$ , то при медленном размораживании они оживают. В замороженном состоянии они могут оставаться долгие месяцы, чтобы потом ожить на короткий летний сезон. Некоторые рыбы, обитающие в северной части Атлантического океана и в арктических водах, приспособливаются к низким зимним температурам, изменяя состав крови – в ней скапливаются соли в такой концентрации, которая характерна для морской воды, представляя собой своеобразный антифриз.)



**7.** Питаются ли рыбы зимой? (Большинство рыб существуют зимой за счет запасов питательных веществ, накопленных благодаря обильному питанию в осенний период. В зимний период у таких рыб крайне ограничена активность, резко снижается интенсивность обмена веществ.)

**8.** В зимнюю спячку впадают и земноводные. Какова продолжительность спячки у лягушек и от чего она зависит? (Зимняя спячка у лягушек длится 130–230 дней в зависимости от продолжительности зимнего периода и от степени теплолюбивости и морозостойчивости различных видов.)

**9.** Как зимуют лягушки? (Чтобы перезимовать, лягушки собираются в водоемах группами по 10–20 особей (иногда до 100) различного пола и возраста, а иногда и различного вида и зарываются в ил или забиваются в подводные пустоты.)

**10.** Пресмыкающиеся тоже впадают в зимнюю спячку. Назовите основную причину этого явления. (Пресмыкающиеся – холоднокровные животные, температура их тела зависит от температуры окружающей среды.)



**11.** Где и как зимуют змеи? (Зимние квартиры змей – обычно подземные пещеры и пустоты вокруг больших старых пней с гнилыми корнями, щели в скалах и других местах, которые недоступны их врагам. В таких укрытиях собирается большое число змей, даже различных видов, образуя огромные змеиные клубки. В них иногда можно насчитать многие десятки змей, что привело к ошибочному заключению, будто они собираются в клубки, чтобы согреться. Некоторые змеиные «квартиры» используются для зимовки десятилетиями.)

**12.** Впадают ли в зимнюю спячку птицы? Если да, то какие? (В зимнюю спячку впадают, например, козодой, некоторые виды ласточек. Состояние кратковременного оцепенения, которое ученые называют торпидностью, наблюдалось у только что вылупившихся птенцов черного стрижа, которые впадают в это состояние, когда родители покидают их на несколько дней при неблагоприятных условиях (например, во время приближающегося циклона). Появившиеся снова родители отогревали их своими телами, и птенцы возвращались к жизни. В подобное торпидное состояние впадают и птенцы некоторых видов колибри, если мать, улетев за пищей, задержится более чем на десяток минут. Взрослые колибри нескольких видов, обитающих на Американском континенте, также способны впасть в состояние оцепенения в особенно холодные ночи, когда их температура тела понижается до 8,8 °С.)

**13.** Какие млекопитающие впадают в спячку зимой? (Еноты, медведи, барсуки, хомяки, бурундуки, летучие мыши, ежи, суслики, сурки, тушканчики, сони.)

**14.** Как млекопитающие готовятся к зимней спячке? (Накапливают жир, главным образом под кожей, в полостях тела, на всей протяженности клеток, в грудной области (бурая жировая ткань у сурков, барсуков, сонь, медведей и др.). Некоторые млекопитающие, например хомяки и бурундуки, не накапливают большого количества жира, а делают запасы пищи в своем убежище, чтобы пользоваться ими в периоды краткого пробуждения зимой.)

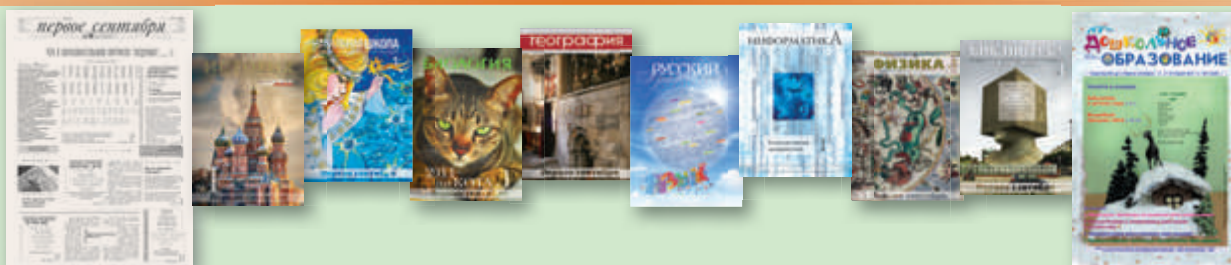
**15.** Впадают ли в анабиоз высшие растения и если да, то какие? (Среди представителей высших растений, впадающих в анабиотическое состояние, рекордсменом является растение бронец, встречающееся в прериях Американского континента. Помещенное в гербарий, оно 11 лет хранилось в высушенном состоянии и не потеряло жизнеспособности.) ■



Издательский дом

**ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ**

представляет



# Льготная редакционная подписка

на II полугодие  
2011 года



Подпишитесь на нашем сайте  
**[www.1september.ru](http://www.1september.ru)**

**и вы получите скидку на подписку!**

## БУМАЖНАЯ ВЕРСИЯ

(получение по почте)



~~1200  
рублей~~

1080  
рублей

- льготная цена  
на полгода

960  
рублей

- льготная цена на полгода  
для тех, кто подписывался  
через сайт на первое  
полугодие 2011 года

## ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ

(получение по интернету)



~~780  
рублей~~

699  
рублей

- льготная цена  
на полгода

599  
рублей

- льготная цена на полгода  
для тех, кто подписывался  
через сайт на первое  
полугодие 2011 года