

БИОЛОГО-ПОЧВЕННЫЙ ФАКУЛЬТЕТ САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
МУНИЦИПАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ Г. ПЕТЕРГОФ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ ОБЩЕСТВО
ЕСТЕСТВОИСПЫТАТЕЛЕЙ

МАТЕРИАЛЫ

VIII ежегодной молодежной экологической Школы-
конференции в усадьбе «Сергиевка» - памятнике природного и
культурного наследия: 2013 г.

«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ»

Санкт-Петербург
Старый Петергоф
28-29 ноября 2013г.

Санкт-Петербург
2013

УДК

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Сопредседатели комитета:

А.Д. Харазова – декан Биолого-почвенного факультета СПбГУ
М.И. Барышников - глава муниципального образования -
председатель Муниципального Совета МО г.Петергоф

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель - проф., д.б.н., Д.Ю.Власов (СПбГУ)
Зам. председателя - к.б.н., В.Н.Рябова (СПбГУ)
Зам. председателя – к.б.н. В.А.Васильева (СПбГУ)
Зам. председателя – Т.В.Кондрашова (СПбГУ)

Члены комитета:

А.В. Шифман - глава местной администрации МО г.Петергоф
Н.В. Максимович - д.б.н., профессор (СПбГУ)
Г.А. Носков, д.б.н. - профессор (СПбГУ)
А.А. Паутов, д.б.н. - профессор (СПбГУ)
С.Н. Лесовая, д.г.н. - профессор (СПбГУ)
Д.В. Осипов, д.б.н. - профессор., академик РАЕН (СПбГУ)
А.С. Чунаев - к.б.н. (СПбГУ)
А.О. Доморацкий - (СПбГУ)
Н.И. Балахонова - (СПбОЕ)
Е.В. Синепол - (СПбГУ)

**Часть 1. Доклады-лекции
специалистов**

Изучение ультраструктуры хламидомонад, выявленных в окрестностях поселка Сосново Ленинградской области

О.Н. Болдина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт им. В.Л.Комарова РАН, Санкт-

Петербург, *olgab1999@mail.ru*

Хламидомонады или род *Chlamydomonas* – это большая группа организмов, насчитывающая, согласно классическим представлениям (Ettl, 1983), более 500 видов. В настоящий момент хламидомонад следует рассматривать как совокупность родов, таких как *Chloromonas*, *Lobomonas*, *Oogamochlamys*, *Microglena* и другие, многим из которых еще не даны таксономические названия (Pröschold et al., 2001; Nakada et al., 2008; Demchenko et al., 2012).

Ранее нами было показано, что трансмиссионная электронная микроскопия (ТЭМ) может служить источником новых таксономических признаков для выявляемых методом молекулярно-филогенетического анализа новых таксонов хламидомонад и надежным инструментом в случаях сомнительной идентификации видов (Болдина, 2012). В то же время наилучший результат в идентификации видов у хламидомонад может быть достигнут только с применением всех методов исследования,

включающих световую микроскопию, ТЭМ и молекулярную филогению.

Материалом для работы явились штаммы хламидомонад, выделенные в окрестностях поселка Сосново (см. Егидарова и др. в данном сборнике). Культуры выращивали на рекомендованной для хламидомонад среде № 12 (Schlösser, 1994). Подготовку и фиксацию материала проводили по стандартной методике (Болдина, 2012).

В ходе проведенного исследования оказалось, что штаммы PS 3, 4, 21, 22, 24, 27, 29 и 33 имеют одинаковый комплекс ультраструктурных признаков, и они полностью соответствуют таковым для ряда коллекционных штаммов *Chlamydomonas asymmetrica*. Кроме того, видовая принадлежность PS 4, 21, 22, 24 была подтверждена молекулярно-биологическими методами (Darienko, Pröschold, устное сообщение).

C. *asymmetrica* Korsch. *Клеточная оболочка* вегетативных клеток состоит из двух слоев. Снаружи различаются не три, а две ламеллы - внешняя светлая и внутренняя темная. При этом на большинстве срезов заметна характерная параллельная исчерченность. Внутренний слой образован плотно упакованными фибриллами, расположенными параллельно клеточной поверхности. Вблизи плазмалеммы фибриллы располагаются беспорядочно в виде комочков; в этой части внутреннего слоя встреча-

ются ограниченные мембраной пузырьки разного вида. *Плазмалемма* имеет преимущественно плавные очертания. *Хлоропласт* содержит прямые тилакоиды, ориентированные вдоль длинной оси клетки параллельно ее поверхности, собранные в пачки по 2 - 7. В строме относительно много рибосом, крахмальные зерна веретеновидной или неправильной эллипсоидной формы в небольшом количестве; а также единичные пластоглобулы. *Стигма* двухслойная. *Пиреноид* состоит из плотной гомогенной стромы; окружающей ее крахмальной обкладки в виде 3-5 дугообразных пластинок; и рассекающих строму трубчатых тилакоидов, организованных в пачки с уменьшающимся от периферии к центру числом тилакоидов (от 3 до 1). *Ядро* округлое, сложное хромоцентрическое. *Ядрышко* центральное; его компоненты упорядочены - фибриллярный компонент расположен более или менее центрально, а гранулярный – на периферии. Поры в ядерной оболочке располагаются неравномерно. *Митохондрии* многочисленные; располагаются как в центральной части клетки, так и на периферии. Форма сечения митохондрий - округлая, удлинненно-овальная; кристы пластинчатые. *Аппарат Гольджи* выявляется обычно вблизи ядра. *Диктиосомы* образованы 5 - 7 цистернами и окружены многочисленными пузырьками. Прослеживается связь диктиосом с наружной ядерной мембраной. В цитоплазме вместе с двумя апикальными сократительными

встречаются мелкие *вакуоли* всех типов: с гомогенным светлым содержимым; с темным содержимым (с электронноплотными гомогенными включениями); с фибриллярными компонентами.

Различия между штаммами хламидомонад *C. asymmetrica* заключались в количестве крахмальных зерен в хлоропласте: у штаммов PS 4, 22 и 24 их было значительно меньше, чем у PS 3, 29 и 33. В этом отношении штаммы PS 21 и 27 занимали промежуточное положение. У штамма PS 33 крахмальные зерна были более крупными, а пластоглобулы многочисленными. Штамм PS 6 по ультраструктуре резко отличался от других PS - штаммов. Он был отнесен к *C. nasuta* с учетом наших светооптических наблюдений и особенностей тонкого строения клеток, описанных только для этого вида (Болдина, 2011).

C. nasuta Korsch. (PS 6). *Клеточная оболочка* вегетативных клеток двуслойная. Наружный слой триламеллярный т.е. образован тремя подслоями в виде ламелл: двумя темными, разделенными одним светлым подслоем. В нем обнаруживаются периодически повторяющиеся субъединицы. или параллельная исчерченность. Фибриллярный слой неоднородный за счет того, что внутренняя, прилегающая к плазмалемме часть этого слоя имеет более рыхлую упаковку фибрилл, чем внешняя, и содержит различного вида пузырьки. *Плазмалемма* слабоволнистая, местами плотно прилегает к оболочке хлоропласта. В *хлоропла-*

сте различаются относительно короткие, плотно прилегающие друг к другу тилакоиды, собранные в пачки по 3-6, реже по 8-12 тилакоидов. В стромах хлоропласта отчетливо видны многочисленные рибосомы, крупные крахмальные зерна различной формы в значительном количестве. *Стигма* не обнаружена. *Пиреноид* имеет обкладку, которая состоит из отдельно лежащих зерен крахмала, аналогичных по виду крахмальным зернам хлоропласта. Строма пиреноида электронноплотная, неоднородная. В нее проникают парные тилакоиды таким образом, что строма оказывается равномерно рассеченной, причем внутритилакоидное пространство у тилакоидов практически не расширяется. *Ядро* имеет сложный хромоцентрический тип организации. Ядрышко характеризуется мозаичным расположением фибриллярного и гранулярного компонентов. Поры в ядерной оболочке располагаются часто и более или менее равномерно. *Митохондрии* мелкие, многочисленные; располагаются преимущественно на периферии. Форма сечения митохондрий - округлая, удлинено-овальная; кристы пластинчатые. *Аппарат Гольджи* выявляется обычно вблизи ядра. Диктиосомы образованы 4 - 8 цистернами и окружены многочисленными пузырьками. Прослеживается связь диктиосом с наружной ядерной мембраной. В цитоплазме присутствуют *вакуоли* всех типов: 2 апикальные сократитель-

ные; с гомогенным светлым содержимым; с темным содержимым; с мембранными включениями.

Электронная микроскопия позволила разделить штаммы, выделенные из пробы с многочисленными зиготами (ZS 1-3), на 2 вида. Для ZS 3 и ZS 1 идентификация видов *C. noctigama* и *C. toewusii* подтверждена путем сравнения ультраструктуры клеток данных видов и типовых образцов из известных мировых коллекций водорослей. Оба вида обладают неповторимым комплексом ультраструктурных признаков.

C. noctigama Korsch. (ZS 3). *Клеточная оболочка* вегетативных клеток состоит из трех слоев, при этом отчетливо различаются только 2 основных слоя, а наружный, имеющий вид коротких тонких фибрилл едва заметен. В составе следующего за ним триламеллярного различимы повторяющиеся субъединицы или соответствующая им параллельная исчерченность. Внутренний слой образован плотно упакованными фибриллами, расположенными более или менее параллельно клеточной поверхности. Вблизи плазмалеммы их упаковка сменяется на значительно более рыхлую, но с более высокой электронной плотностью. Для этой части внутреннего слоя помимо ограниченных мембраной пузырьков разного вида характерны крупные гомогенные электронноплотные структуры. Плазмалемма имеет волнистые очертания, образуя инвагинации. *Хлоропласт* окружен

плавной оболочкой, местами контактирующую с плазмалеммой в районе ее инвагинаций. Он содержит длинные прямые плотно прилегающие к друг другу тилакоиды, собранные обычно в пачки по 3 или по 2, реже образуют более крупные комплексы до 14 тилакоидов. Тилакоиды обычно ориентированы параллельно поверхности клетки. Строма хлоропласта содержит многочисленные рибосомы, пластоглобулы и единичные мелкие крахмальные зерна удлинённой формы. Стигма двуслойная. Плотность глобул часто неоднородная. Пиреноид состоит из плотной гомогенной стромы, окружающей ее крахмальной обкладки из 8-12 зерен и проникающих в строму пачек из трех уплощенных тилакоидов. При этом пачки тилакоидов часто располагаются более или менее параллельно как друг другу, так и пачкам тилакоидов в хлоропласте. На некоторых срезах в центральной части стромы обнаруживаются лишь короткие профили одиночных тилакоидов. *Ядро* сложное хромоцентрическое, на срезах часто имеет вытянутую вдоль тела клетки форму. Ядрышко занимает центральное положение и чаще всего характеризуется мозаичным расположением образующих его компонентов. Поры в ядерной оболочке многочисленные. *Митохондрии* имеют пластинчатые кристы и располагаются большей частью в центральной части клетки. Сечения их округлые и удлиненно-овальные. *Аппарат Гольджи* выявляется, как правило, вблизи ядра (обыч-

но 2 диктиосомы на срез). Диктиосомы образованы 6-9 цистернами и окружены многочисленными пузырьками. На снимках отчетливо выявляется связь аппарата Гольджи с наружной мембраной ядерной оболочки. В цитоплазме помимо сократительных вакуолей встречаются *вакуоли* с мембранными включениями, со светлым содержимым и с плотными включениями.

C. moewusii Gerloff. (ZS 1). В *Клеточной оболочке* вегетативных клеток отчетливо различаются только 2 основных слоя, а наружный, имеющий вид коротких тонких фибрилл, едва заметен. Средний слой – триламеллярный, в нем различимы повторяющиеся субъединицы или соответствующая им параллельная исчерченность. Внутренний слой сильно дифференцирован: внешняя его образована плотно упакованными фибриллами, а ближе к плазмалемме их упаковка становится рыхлой. У плазмалеммы в нем обнаруживаются ограниченные мембраной пузырьки. Обе части внутреннего слоя участвуют в образовании папиллы. *Плазмалемма* характеризуется волнистыми, реже плавными очертаниями. *Хлоропласт* содержит как длинные тилакоиды, преимущественно собранные в пачки по 2 - 5 в каждой, так и относительно короткие тилакоиды, сгруппированные в пачки по 5 - 6. Иногда их внутритилакоидное пространство расширено. В строме относительно много рибосом, крахмальные зерна немногочисленные, имеют эллипсоидную и непра-

вильно многоугольную форму. Пластоглобулы встечаются очень редко. *Стигма* не обнаружена. *Пиреноид* представлен крахмальной обкладкой из 3—4 пластинок; электронноплотной стромой и проникающими в нее уплощенными парными тилакоидами. В каждой пачке (из парных тилакоидов) общая контактирующая мембрана очень плотная, волнистая. Пачки тилакоидов в пиреноиде имеют беспорядочное расположение. *Ядро* сложное хромоцентрическое. Ядрышко центральное, чаще всего имеет мозаичное расположение фибриллярного и гранулярного компонентов. Поры в ядерной оболочке располагаются более или менее равномерно. *Митохондрии* локализуются преимущественно в центральной части клетки. Они имеют вид многочисленных мелких профилей. *Аппарат Гольджи*, как правило, выявляется вблизи ядра. Диктиосомы (1-2 на срез) образованы 5 - 7 цистернами и окружены многочисленными пузырьками. В цитоплазме помимо двух апикальных сократительных вакуолей встречаются *вакуоли* с мелкими мембранными включениями, со светлым содержимым и с плотными включениями.

Литература

1. Болдина О. Н. Принципы классификации пиреноидов у зеленых монад // Водоросли: таксономия, экология и использование в мониторинге. Екатеринбург: УрО РАН. 2011. С. 34–41.

2. Болдина О. Н. Ультраструктура клеток *Lobochlamys culleus* (*Chlamydomonadaceae*, *Chlorophyta*) // Бот. журн. 2012. Т. № 9. С. 1175–1183.

3. Ettl H. Chlorophyta I (Phytomonadina) // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 9. Stuttgart, 1983. 807 S.

4. Demchenko E., Mikhailyuk T., Coleman A.W., Pröschold T. Generic and species concepts in *Microglena* (previously the *Chlamydomonas monadina* group) revised using an integrative approach // Eur. J. Phycol., 2012. Vol. 47. N 3. P. 264–290.

5. Nakada N., Misawa K., Nozaki H. Molecular systematics of *Volvocales* (*Chlorophyceae*, *Chlorophyta*) based on exhaustive 18S rRNA phylogenetic analyses // Mol. Phylogenet. Evol. 2008. Vol. 48. Iss. 1. H. 281–291.

6. Pröschold T., Marin B., Schlösser U.G. Melkonian M. Molecular phylogeny and taxonomic revision of *Chlamydomonas* (*Chlorophyta*). I. Emendation of *Chlamydomonas Ehrenberg* and *Chloromonas Gobi* and description of *Oogamochlamys* gen. nov. and *Lobochlamys* gen. nov. // Protist. 2001. Vol. 152. Hf. 4. S. 265–300.

7. Schlösser U. G. SAG-Sammlung von Algenkulturen at the University of Göttingen. Catalogue of strains 1994 // Bot. Acta. 1994. Bd. 107. Hf. 1/2. S. 113–186.

**Оценка экологического состояния воды озера Балхаш, в
районе бухты Бертыс методами биоиндикации**
**Б.К. Заядан, А.К. Садвакасова, Д.К. Кирбаева, М. Салех, К.
Болатхан, М.О. Бауенова**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Алматы, e-mail: zbolatkhan@mail.ru

В решении проблем загрязнения окружающей среды роль играют биологические методы ее мониторинга. В работах зарубежных исследователей преобладает точка зрения, согласно которой, главной целью биологического мониторинга является разработка и внедрение разнообразных биологических методов и способов оценки качества окружающей среды с помощью организмов – биоиндикаторов, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания [1, 2]. Это означает, что по изменениям в структуре биоценоза можно дать своевременную оценку экологической ситуации, предупредить экологов о необходимости оперативных действий для предотвращения вредного влияния каких-либо токсиантов на другие компоненты биоценоза, включая человека. В связи с этим актуальной задачей современной экологии является

изучение биоразнообразия и специфики взаимоотношений сообществ и окружающей среды.

Материалы и методы исследования

Объект исследований – вода озера Балхаш. Отбор пробы воды из озера Балхаш проводили в летний период (июль) 2013 г. Пробы воды из озера отбирались в районе бухты Бертыс на расстоянии 0,5 — 0,75 м от поверхности и дна водоема и на расстоянии 1,5 — 2 м от берега в 6 точках. Физико-химический состав воды определяли методом стандартными методами [3]. Определение видового состава микроводорослей в пробах из различных водных экосистем проводили по методике Сиренко [4] с использованием следующих определителей: Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии, том 1-2; Определитель пресноводных водорослей СССР, том 1-14, 1951; Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии, 1 - 3 том, 1987; Определитель протококковых водорослей Ср. Азии, том 1-2, 1988; Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии, 1987; Определитель пресноводных водорослей СССР, 1951; Определитель протококковых водорослей Ср. Азии, 1976; Краткий определитель хлорококковых водорослей Укр. ССР. Киев, 1990 [5, 6, 7,8]. Для формальной характеристики видовой структуры сообществ использовали индексы видового богатства и разнообразия. Для оценки состояния по фитопланктону использовали

метод Пантле и Букка в модификации Сладечка [9]. В результате применения этого метода получали индекс сапробности, вычисляемый по формуле. $S = \sum (sh) / \sum h$; где s- индикаторная зависимость каждого вида (определяется по пику сапробных организмов), h - численность вида или относительная частота встречаемости вида, определяемая по глазомерной шкале. Индекс сапробности вычисляют с точностью до 0,01. Для ксеносапробной зоны он находится в пределах 0-0,5; бетамезосапробной -1,51-2,5; альфамезосапробной -2,51-3,50; полисапробной - 3,51-4.

Результаты и их обсуждение

Балхаш является уникальным озером, которое, как известно загадочным образом совмещает в одном водоеме пресную и соленую части. Узким проливом Узун-Арал озеро разделяется на две обособленные части - западную, в основном пресную, и восточную, преимущественно солоноватую. До недавнего времени, характеризуемый уникальными разновидностями рыбы и богатым птичьим населением, со времен расцвета промышленной деятельности, Балхаш, стал постепенно мелеть и в настоящее время находится под угрозой. Как известно воды впадающих в него рек загрязнены выбросами промышленных предприятий, сточными водами городов и сельскохозяйственных производств и бытовыми отходами [10]. Кроме этого Объединения

«Балхашмыс», «Балхашрыбпром», ракетный полигон Сарышаган, а также горнообогатительные предприятия сбрасывают в уникальное озеро тысячи тонн отходов. Несмотря на значительные запасы свежей воды в реках, впадающих в озеро, а также на некоторые успехи в осуществлении водоохраных мер принятых в последние годы, проблема борьбы с интенсивным загрязнением Балхаша все еще остается. Вода в озере Балхаш не может быть признана удовлетворительной по качеству поскольку загрязнена тяжелыми металлами, нефтепродуктами, фенолами и т.д.

Цель нашего исследования оценка экологического состояния озера Балхаш на основе изучения микроводорослевого состава озера и определение индикаторно-сапробных видов.

Отбор пробы воды из озера Балхаш проводили в летний период (июль) в районе бухты Бертыс, поскольку именно в данном районе наблюдается максимальный уровень загрязнения воды металлами. Как уже было выше сказано на уровень загрязненности озера Балхаш металлами оказывают влияние сбросы подразделения «Казахмыс» - ПО "Балхашмыс", со сточными водами которого объемом 91041 тыс.м.³ в год в этот водоем поступает ежегодно до 0,362 тонны меди, 0,435 т свинца, 0,465 т мышьяка. Основными загрязняющими веществами озера явля-

ются тяжелые металлы и нефтепродукты, в меньшей степени фенолы.

На момент отбора проб температура воды составляла 20-24⁰С. Средний рН воды колеблется от 7,1 до 7,4. Физико-химический состав воды представлен в таблице 1. В отобранных пробах воды изучали видовое разнообразие микроводорослей и цианобактерий, определяли наличие индикаторно-сапробных видов микроводорослей, по полученным результатам судили о степени загрязненности воды оз. Балхаш в исследуемом регионе.



Рис.1 Места отбора проб воды, оз. Балхаш, бухта Бертыс

Таблица 1. Физико-химический состав воды оз. Балхаш, в районе бухты Бертыс

Показатели		Концентрация, мг/л
1	Температура (°С)	21
2	рН	7,1
3	БПК ₅ , O ₂ мг /г	10
4	Окисление, O ₂ мг/г	16,6
5	Хлорид мг/л	60,3
6	Сульфат мг/л	51,8
7	Аммиак мг/г	11,8
8	Нитрит мг/л	1,2
9	Нитрат мг/л	6,8
10	Фосфат мг/л	3,1
11	Фенол мг/л	0,015
12	Железо мг/л	0,25
13	Свинец мг/л	0,0028
14	Медь мг/л	0,22
15	Цинк мг/л	0,3
16	Кадмий мг/л	0,01

По результатам исследования для альгоценозов всех 6 исследуемых точек оз. Балхаш характерно преобладание зеленых водорослей по таксонам, но встречаемость диатомовых микроводорослей намного чаще, чем первых. Нами было определено 4 отдела, 9 классов, 9 порядков, 17 семейств, 22 рода, 28 видов из них (28%) относятся к отделу Chlorophyta (зеленые), (53%) - Bacillariophyta (диатомовые), (16%) - Cyanophyta (сине-зеленые), (3%) - Euglenophyta (эвгленовые) (Рисунок 2).

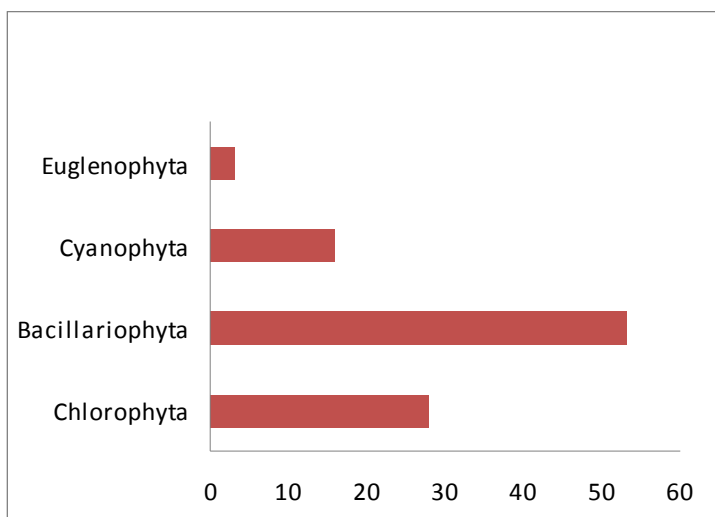


Рис. 2. Количественное соотношение видов микроводорослей в бухте Бертыс

Обрастания формировались представителями родов *Spirogyra*, *Ulothrix* как на грунтах, так и на высших водных растениях.

Во всех отобранных пробах воды из диатомовых доминировали роды *Navicula*, *Fragilaria* и *Synedra*. Из зеленых часто встречались протококковые водоросли рода *Scenedesmus*. Из эвгленовых был определен лишь один представитель, а из сине-зеленых встречались рода *Merismopedia* и *Anabaena*.

В результате анализа определенных видов индикаторно-сапробных микроводорослей оз. Балхаш нами выявлено наличие 12 видов и разновидностей индикаторных видов микроводорослей, из них альфа-мезосапробов (α) - 3, бета-мезосапробов (β) - 3, бета-олигосапробов ($\beta-o$) - 1, альфа-бета – мезосапробов ($\alpha-\beta$) - 3, бета-альфа – мезосапробов ($\beta-\alpha$) - 2, поли-альфа-мезосапробов ($p-\alpha$) – 0.

Таким образом, по результатам исследований, состав видов - индикаторов микроводорослей в оз. Балхаш характеризует водоем как β -мезосапробную зону органического загрязнения, т.е. воды данного района характеризуются как «умеренно-загрязненные». Оценка сапробности воды по фитопланктону водоема является весьма точным показателем, благодаря индикаторным видам микроводорослей, при этом важно чтобы системы сапробности были удобны в использовании при характеристике

водоемов не только специалистами, но и людьми из различных областей науки.

Литература.

1. Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Микробиологические индикаторы эвтрофирования пресных водоёмов //Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. СПб.: ЛЕМА, 2007. С. 176-181.
2. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей -индикаторов окружающей среды.Тель-Авив:PiliesStudio, 2006. 498 с.
3. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. – М.: СТК «Аякс», 2004. – 154 с.
4. Сиренко Л.А., Сакевич А.И., Осипов Л.Ф., Лукина Л.Ф. и др. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. - Киев: - Наукова думка, 1975. - 247с.
5. Музафаров А.М., Эргашев А.Э., Халилова С.Х. Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии. - Ташкент: Фан, 1987. – Т. 1. - С.3-405.

6. Музафаров А.М., Эргашев А.Э., Халилова С.Х. Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии. - Ташкент: Фан, 1988. – Т.2. - С.406-815.
7. Музафаров А.М., Эргашев А.Э., Халилова С.Х. Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии. - Ташкент: Фан, 1987. – Т.3. - С.815-1215.
8. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Укр. ССР. – Киев: Наукова думка, 1990. – 208 с.
9. Sladecek V. System of water quality from the biological point of view // Archiv Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie. 1973. Hft. 7. P. 1-218.
10. Хузина Г.Г., Лопарева Т.Я. Процессы самоочищения водоема на примере бухты Бертыс озера Балхаш // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. Алматы, 2007. No 2. С. 32-37.

Лопарева Т.Я., Амиргалиев Н.А. и др. Уровень накопления токсикантов в промысловых рыбах оз. Балхаш // Современные проблемы водной токсикологии. Борок, 2002. С. 17-18.

Исследование влияния процесса удаления нефти с поверхности воды гидрофобным адсорбентом «Руссорб» на жизнеспособность гидробионтов.

Г.В.Шведчиков, Е.А.Мовчан , Н.В.Кулева .

Санкт-Петербургский государственный университет,

kuleva@mail.ru

Борьба с загрязнением Мирового Океана нефтью превратилась в одну из важнейших проблем, стоящих перед человечеством. Разливы нефти связаны с ее добычей на шельфе и ростом перевозок нефти и нефтепродуктов. При разливах на поверхности воды образуется нефтяная пленка, которая препятствует газообмену между водной и воздушной средой, в связи с чем значительно сокращается количество растворенного в воде кислорода и увеличивается количество углекислого газа. Это затрудняет жизнедеятельность аэробных гидробионтов, приводит к гибели промысловых рыб. Нефтяная пленка преграждает доступ не только кислороду, но и свету. Уменьшение светового потока приводит к гибели фитопланктона, составляющего основу кормовой базы гидробионтов и определяющего стабильное развитие морских и пресноводных экосистем.

Поэтому разработка методов удаления нефтяных загрязнений является актуальной задачей экотоксикологии. Существуют

термические, механические, химические, микробиологические и физико-химические методы ликвидации разливов нефти. В практике борьбы с разливами нефти довольно часто используются детергенты, эмульгирующие нефтяную пленку. Их количество может достигать 25 процентов от массы нефти, а их токсичность для гидробионтов оказывается выше, чем самой нефти. Эмульгированная нефть легко проникает в организм гидробионтов и может в них накапливаться.

С экологической точки зрения из веществ, связывающих нефть, относительно безопасными могут быть плавающие на поверхности воды вещества при условии их последующего удаления. Такие сорбенты с высокой степенью плавучести и высокой поглотительной способностью (8-10 кг нефти на 1 кг сорбента) одновременно должны быть безопасными для гидробионтов.

В качестве такого сорбента можно использовать активированный уголь, но он очень дорог и трудно наносится на поверхность воды. Гораздо удобнее нанести на поверхность воды обладающие большой плавучестью сорбенты, приготовленные из природных пористых материалов. Для придания им лучших адсорбционных свойств на их гранулы наносят вещества, придающие им гидрофобные и олеофильные свойства. Одним из

таких сорбентов является полученный на опытно-промышленной установке адсорбент ««Руссорб» ».

Его преимущества перед другими сорбентами заключаются в следующем.

1.Высокая эффективность поглощения и удержания нефтепродуктов.

2.100-процентная флотационная способность как чистого, так и насыщенного нефтью сорбента.

3.Стабильность свойств сорбента при длительном контакте с водной средой и почвой.

4.Возможность извлечения сорбированного нефтепродукта с сохранением его исходных характеристик.

5. Возможность использования сорбента в безотходном экологически безопасном цикле сорбция-регенерация-сорбция.

6.Возможность простой безопасной утилизации насыщенного нефтью сорбента (в качестве топлива или добавления в асфальтовую массу).

Сорбент «Руссорб» поглощает не только нефть, но и ряд ароматических углеводородов: бензол, толуол, ксилол и др. Сорбент запатентован в России - Патент РФ№2255804 Шведчиков Г.В. Способ получения сорбента для нефти, нефтепродуктов и жидких углеводородов. Бюлл.изобретений -2005 №19. Патент

РФ №2340393.Шведчиков Г.В. Способ получения сорбента для жидких углеводородов. Бюлл. изобретений-2008.№34.

Сорбент прошел биотестирование на клеточном тест-объекте - гранулированной сперме быка, оценку острой токсичности на дафниях в Санкт- Петербургском лабораторном центре Госсанэпиднадзора. В остром опыте была продемонстрирована его безвредность для дафний.

Цель настоящей работы – смоделировать процесс удаления нефти из водной среды сорбентом «Руссорб» в модельной системе, содержащей биообъекты, и показать, как меняется их жизнеспособность в зависимости от времени экспозиции с нефтью и сорбентом «Руссорб»:

а) в присутствии различных концентраций нефти(серия опытов 1)

б) после удаления нефти сорбентом(серия опытов 2)

в) в присутствии и нефти и сорбента(серия опытов 3)

г) в присутствии одного сорбента(серия опытов 4).

Исследования проводились с использованием в качестве тест-объекта науплиальных стадий жаброногих ракообразных *Artemia salina L.*- вида, широко распространенного в солоноватоводных водоемах. Рачки *Artemia* хорошо разводятся в аквариумах, в первые дни могут нормально существовать без корм-

ления, рекомендованы в качестве тест-объекта для изучения различного вида загрязнений водной среды (Ивлев, 1969).

В сериях опытов 1-3 нефть добавляли в концентрациях 2,5, 10, 20, 40,75 мл на 1 л воды. В серии 4 сорбент добавляли в количестве необходимом для удаления соответствующей концентрации загрязняющего вещества, что составляло от 15 до 150 мг.

В ходе предварительного эксперимента было установлено, что имеет значение не количество сорбента, а степень покрытия им водной поверхности. Для эксперимента брали двухдневных науплиусов, выведенных в лабораторных условиях и содержащихся при температуре 20-22 градуса Цельсия. Регистрировали особенности поведения и смертность животных, которую выражали в процентах. Смертность определяли тотальным просмотром экспериментальных сосудов под бинокуляром МБС-1. В сосуды емкостью 20 мл помещали 100 особей. Результаты отслеживали через 12, 24, 36, 48 и 60 часов.

Результаты эксперимента серии 1 показывают, что основной отход организмов под действием токсиканта происходит на 3-и сутки, в загрязненной воде погибало от 49 до 84 процентов организмов. В серии 2, когда нефтяное загрязнение было убрано сорбентом, смертность составила 26-42 процента(табл.).

В серии 3, с оставленным отработанным сорбентом, отмечен максимальный отход особей. В серии 4 смертность организ-

мов на третьи сутки эксперимента составила от 4 до 18 процентов, причем в первые 24 часа она была нулевой.

Наблюдения за поведением науплиусов показали, что в загрязненной воде организмы в основном находятся в подавленном состоянии; они скапливаются у дна, движения судорожные. В течение третьих суток в поведении организмов в загрязненной и очищенной воде заметны явные различия. В первом случае они малоподвижны, во втором основная масса нормально подвижных особей находится в толще воды.

Таблица 1. Смертность(в %) *Artemia salina* через 60 часов экспонирования с нефтью различной концентрации до и после обработки сорбентом.

Концентрация нефти,мл/л	До обработки сорбентом	После обработки сорбентом
2	49	26
5	70	41
10	51	36
20	84	42
40	72	35
75	70	38
Контроль		9

По-видимому, причиной массовой гибели организмов через 60 часов экспонирования с нефтью является накопление де-

фицита кислорода в сосуде с гидробионтами и резкое увеличение у них гипоксии. Показателем этого служит поведение науплиусов. Величина положительного эффекта применения сорбента и его четкое проявление на третьи сутки после разлива нефти позволяют предположить, что он главным образом связан с механической очисткой поверхности водной среды от нефтяной пленки.

У животных гипоксия вызывает множество физиологических реакций, которые улучшают доставку кислорода тканям или толерантность к клеточной гипоксии. Молекулярные основы этих реакций достаточно хорошо изучены у млекопитающих, у них ключевую роль играют индуцируемые гипоксией транскрипционные факторы (HIFs). Это семейство транскрипционных факторов состоит из разнообразных альфа-субъединиц, образующихся при гипоксическом состоянии организма, димеризующихся с бета-субъединицами и связывающимися с регуляторными областями генов-мишеней. При этом изменяются скорости экспрессии более 70 генов, участвующих в регуляции роста сосудов, формировании эритроцитов, метаболизме железа и катехоламинов, а также утилизации и метаболизме глюкозы. (Firth J.D. et al., 1995).

Недавние исследования гипоксии у рыб обнаружили сходство их механизмов с таковыми млекопитающих и показали, что

при гипоксии усиливается транскрипция консервативных в эволюции генов (Nikinmaa M., Rees B.B., 2005). В частности у толерантных к гипоксии рыб вида *Fundulus heteroclitus* усиливается экспрессия в печени более древней, участвующей в анаэробном гликолизе формы лактатдегидрогеназы В (Rees B.B. et al., 2009). Также было показано, что степень индукции экспрессии гена *Ldh В*, вызванная гипоксией, зависит от уровня и продолжительности гипоксии. При содержании кислорода 0,5 процента экспрессия увеличивалась в 4-5 раз и становилась максимальной через 48 часов.

Интересно, что при искусственном загрязнении водной среды нефтью увеличение экспрессии анаэробной изоформы лактат дегидрогеназы у устойчивых к гипоксии ротанов *Percottus glehni* Dybowski также наблюдали на третьи сутки (Кулева Н.В., Шведчиков Г.В.).

Можно полагать, что у ракообразных существуют аналогичные механизмы адаптации, повышающие их устойчивость к гипоксии и позволяющие им сохранять жизнеспособность при образовании нефтяной пленки на поверхности воды. Поэтому освобождение их от нефтяной пленки помощью сорбента «Руссорб» после 12-60 часов экспозиции с нефтью обнаруживает повышение их жизнеспособности по сравнению с загрязненной водой.

Известно, что сырая нефть содержит парафиновые, ароматические и полициклические углеводороды. Лабораторные исследования по экспонированию рыб в воде с сырой нефтью обнаружили индукцию систем цитохрома P450 в их тканях, однако достаточных доказательств, позволяющих связать эти наблюдения с токсичностью полициклических углеводородов для рыб, получено не было (Lee R.F.,AndersonJ.W.,2005).

Поэтому основной причиной уменьшения жизнеспособности биообъектов при контакте с нефтью является гипоксия, появляющаяся в результате нарушения газообмена между водной и воздушной средой.

Удаление сорбентом «Руссорб» нефтяной пленки и удаление после этого использованного сорбента является оптимальной мерой для значительного увеличения жизнеспособности ракообразных *Artemia salina* независимо от концентрации нефти (в диапазоне 5-75мл/л) и времени экспонирования (12-60 часов).

О воздействии лесных пожаров на почвенный покров на примере постпирогенных территорий Самарской области

Е.Ю. Максимова

Санкт-Петербургский государственный университет,

Институт Экологии Волжского бассейна РАН,

doublemax@yandex.ru

Одним из наиболее опасных воздействий на природные биогеоценозы являются пожары, влекущие за собой как обратимые, так и необратимые последствия.

Природные пожары являются наиболее опасным экзогенным нарушением в естественных экосистемах России. Особенности климатических изменений последних десятилетий существенно усиливают угрозу возникновения и распространения разрушающих природных, особенно лесных, пожаров. Существенно увеличивается изменчивость погоды, выражающаяся в чередовании периодов с ливневыми осадками и длительных теплых и сухих периодов, иногда с аномальной жарой, как летом 2010 г. в центре Европейской России. Такая специфика создает угрозу возникновения и распространения на большие площади природных, в первую очередь, лесных пожаров высокой интенсивности, так называемых катастрофических пожаров. Такие пожары приводят к глубинной деградации экосистем, наносят

значительный вред экономике и инфраструктуре, а также крайне негативно влияют на условия жизни и здоровье населения в регионах распространения пожаров. Не вызывает сомнения, что пожарные нарушения очень сильно влияют на биоразнообразие, и зачастую их последствия в значительной степени обусловлены масштабом, интенсивностью и частотой нарушений. Кроме этого, пожары - это один из наиболее значимых видов нарушений в глобальном масштабе, влияющий на биогеохимические циклы и играющий важную роль в химических процессах в атмосфере и глобальном цикле углерода. Эмиссии углерода от лесных пожаров повышают концентрацию парниковых газов в атмосфере и тем самым могут способствовать глобальным изменениям климата. В свою очередь прогнозируемые глобальные изменения климата могут привести к изменению числа и площади лесных пожаров, степени их воздействия на лесные экосистемы.

Почва, как неотъемлемая составная часть биогеоценозов, также испытывает на себе разностороннее влияние пожаров. Пожарам в системе деградации почвенного покрова принадлежит особое место, что обусловлено их специфическим воздействием на окружающую среду, в том числе и на почвенный покров. Пирогенные изменения в почве являются следствием непосредственного воздействия огня, а также косвенных послепожарных изменений в биогеоценозе, причем последние имеют

значительно большее распространение. Механические, физико-механические и биологические свойства почв могут изменяться под действием как непосредственно влияния высоких температур и золы, поступившей на поверхность почвы после сгорания подстилки и древесного опада, так и смены растительности. Таким образом, в пределах одного района, однородного в отношении климата, рельефа, материнских пород и почв, создаются неравноценные эдафические условия для продуктивности древостоев. Допожарное равновесное состояние в системе лес-почва нарушается. Итогом пожара может быть полное уничтожение не только биоты, но и почвы как сложного органо-минерального комплекса.

Катастрофические пожары 2010 года привели к уничтожению верхней части почв на огромных пространствах России. Огнем были уничтожены или нарушены в существенной степени почвы основных природных зон Русской равнины и Сибири.

Огонь уничтожает почвы и леса за мгновения, природа же восстанавливается годами, десятилетиями, веками. И поэтому в связи с выдающимися масштабами бедствий и крайне сложным процессом реабилитации экосистем необходимо проведение всесторонней исследовательской работы по вопросу влияния различных видов пожаров на почвы и экосистемы в целом. Кро-

ме того, безусловно, необходимо проводить ежегодный мониторинг состояния постпирогенных экосистем и их восстановления.

Таким образом, целью работы является исследование воздействия лесных пожаров на почвенный покров для разработки системы мониторинга послепожарных территорий с последующим анализом процессов восстановления растительного и почвенного покрова на выгоревших участках как элемент экологизированного менеджмента нарушенных земель.

В конце июля, августе и начале сентября 2010 года в России на всей территории Центрального федерального округа, а затем и в других округах России возникла сложная пожарная обстановка из-за аномальной жары и отсутствия осадков. Аномально засушливый и жаркий 2010 г. спровоцировал лесные пожары и на территории г. Тольятти: в июле-августе огнем уничтожено около 1,5 тыс. (20-25%) из 8475 га городских лесных насаждений. Это стало локальной экологической катастрофой, поскольку полностью изменило функционирование лесных экосистем. Объектом исследования являются степные островные сосновые боры в районе г. Тольятти Самарской области, которые подверглись воздействию катастрофических лесных пожаров в 2010 г. Островные сосновые боры формируются на песчаных и супесчаных отложениях эолового или аллювиального происхождения в суббореальном климате. В данном районе

формируются серогумусовые супесчаные почвы на древних аллювиальных волжских песках, которые относятся к отделу органично-аккумулятивных почв. Были исследованы почвы трех ключевых участков: участок прохождения низового пожара, верхового пожара и фоновый участок (т.е. идентичный предыдущим, но не подвергавшийся влиянию лесного пожара) для контроля.

В 2010 году катастрофические природные пожары в городских лесах г. Тольятти привели к образованию пирогенно-трансформированных почв, которые существенно отличаются от ненарушенных по морфологическим признакам и основным химическим и физическим свойствам.

Почвы пожарниц отличаются от фоновой почвы на макро-морфологическом уровне лишь в верхней части профиля, где подстилка превращается в золу, идентифицируемую как органо-минеральная смесь грязно-серого цвета. В первый год исследований повсеместно встречались обугленные подстилки, содержащие большое количество мелких и крупных угольков. По прошествии одного года четко проявляются процессы эрозии почв под влиянием осадков и иллювиирование органического вещества в среднюю часть профиля, которые, вероятно, будут продолжаться еще несколько лет.

Пожары приводят к серьезным изменениям физико-химических и химических свойств почв. Но что характерно, в целом, влияние пожаров на свойства в исследуемых почвах не распространяется на глубину более 10 см.

Сила воздействия верхового и низового пожаров на свойства почв различаются в зависимости от конкретного параметра. В частности, за счет высокой температуры горения верховой пожар интенсивнее воздействует на содержание гигроскопической влаги. Ее содержание в верхних горизонтах почв снижается под действием пожаров: от 5,92 % в верхних горизонтах ненарушенных почв до 2,37 % при верховом и 2,85 % при низовом пожарах. Напротив, низовой пожар сильнее влияет на содержание углерода органических веществ за счет более полного выгорания подстилки и верхнего гумусового горизонта (содержание органического вещества в золе на поверхности в 2010 г. при низовом пожаре (2,31 %) меньше, чем при верховом (3,19 %), а также приводит к уплотнению верхних слоев почвы. В составе гумуса постпирогенных почв наблюдается увеличение доли гуминовых кислот. Различий в изменении значений водородного показателя под действием разных видов пожаров нет: кислотность уменьшается (7,9-8,0), и реакция среды выгоревших подстилок характеризуется как щелочная. Спустя год после пожара рН среды выгоревших подстилок выравниваются и по своим аб-

солютным величинам приближаются к контрольным за счет полного выноса щелочных элементов из золы в местах пожаров дождевыми и талыми снеговыми водами.

Спустя 2 года после пожаров многие изменения в свойствах постпирогенных почв уменьшаются и начинают приближаться к фоновым. Наблюдается послепожарная динамика почв, выражающаяся в увеличении содержания гигроскопической влаги, уменьшении рН верхних горизонтов за счет выщелачивания щелочноземельных оснований, накоплении гумуса с вновь поступившими на поверхность растительными остатками. Однако, если в случае низового пожара главным фактором послепожарной динамики почв является свежий растительный опад, поступающий на поверхность, то при верховом пожаре движущей силой является поверхностная водная эрозия. Оба фактора в разной степени влияют на постпирогенные изменения основных свойств почв во времени.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что первоначально после прохождения огня ведущую роль в изменении экологической обстановки играют почвенные факторы – изменение физико-химических и гидротермических свойств верхних почвенных горизонтов. В то же время после сгорания живого напочвенного покрова и лесной подстилки происходит активация эрозионных процессов, под влия-

нием которых наблюдается обеднение верхних горизонтов почв и их деградация. Тот факт, что интенсивность влияния на определенные свойства и последующего восстановления почв в результате верхового и низового пожаров разная, говорит о том, что многообразное факторное воздействие катастрофических пожаров привело к высокой неоднородности почвенного покрова и его основных параметров.

Проблема борьбы с лесными пожарами — проблема сложная, многогранная и как никогда актуальная. Решение ее требует привлечения и взаимодействия специалистов в различных областях — экологов, лесников, экономистов, пожарных, специалистов по сохранению биоразнообразия и охране здоровья человека и т. д. К сожалению, государственные структуры пока не в силах справиться с ситуацией, возникающей ежегодно в пожароопасный период.

Пожары в 2010 году в черте г. Тольятти привели к ухудшению экологической обстановки в городе — огонь уничтожил целую лесную экосистему. Безусловно, необходимо разработать систему мониторинга послепожарных территорий с последующим анализом процессов восстановления растительного и почвенного покрова на выгоревших участках как элемент экологизированного менеджмента нарушенных земель. Таким образом, проводя мониторинг послепожарных территорий и прогнозируя,

что будет с почвами в дальнейшем, мы сможем правильно берегать лесные ресурсы, создавать условия для устойчивого развития лесной экосистемы и проводить мероприятия по предотвращению потери продуктивности земель.

Работа рекомендована д.б.н., ст. преп. кафедры прикладной экологии СПбГУ Е.В. Абакумовым.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов мор-рф-нр 13-04-90766 и мол-а-вед 12-04-33017.

К биологии норвежского лемминга (*Lemmus lemmus* L.)

Мионов¹ А.Д., Стрелков² А.П., Голубева¹ О.М.

¹Санкт-Петербургский гос.университет, altam@am2030.spb.edu

²Региональная общественная организация «Санкт-

Петербургское общество естествоиспытателей»

apstr@mail.wplus.net

Наблюдения за динамикой численности грызунов на Кольском п-ове организованы в двух заповедниках: Лапландском и Кандалакшском. Первый контролирует обстановку с грызунами с 1936 г. В Кандалакшском заповеднике наблюдения ведутся в основном в южной части Кольского п-ова и на островах Кандалакшского залива. В остальных частях полуострова проводятся эпизодические наблюдения или они вовсе отсутствуют.

В 2010 на северном побережье Кольского п-острова, в окрестностях знаменитого поселка Дальние Зеленцы, совместно с Кандалакшским государственным заповедником была организована станция изучения экологии грызунов тундры. Наши исследования были направлены на получение новых данных о механизмах формирования сезонных потоков мигрирующих грызунов (мигрант-резидент), о влиянии ландшафтной структуры местообитаний на стабилизацию поселений, о видовых особенностях и формах экологического приспособления грызунов к гео-

графической зональности и сезонности климата. Объекты исследований - грызуны родов *Lemmus*, *Myodes*, *Microtus*, которые образуют тесные поселения в тундровых экосистемах. На европейском севере обитает замечательный грызун – норвежский лемминг. Уникальный зверек непредсказуем в размножении и расселении на обширных пространствах тундры. Норвежский лемминг - объект пристального изучения зоологов всех скандинавских стран (Biol.Lem., 1993).

Летом 2011 года начали поступать сведения о появлении в разных местах Европейского Севера норвежского лемминга. Информация была предвосхищена сообщениями о начале роста численности лемминга в Норвегии, Швеции и Финляндии. Последнее появление лемминга на Кольском п-ове было отмечено осенью 2008 года. Вспышка была незначительная. Например, на северном побережье (кордон Подпахта) лемминг вообще тогда не был отмечен. Осенью 2011 г произошла классическая вспышка численности норвежского лемминга: зверьки встречались в тундре, на дорогах, в поселках. На полигоне «Подпахта» мы развернули детальные наблюдения. Удалось собрать интересный материал по пространственному распределению, подвижности, суточной активности, экологии питания, поведению норвежского лемминга. Успешно были проведены испытания автоматизированного наблюдения за поведением мелких млекопи-

тающих в темное время суток (Миронов и др., 2012). Для норвежского лемминга популяционная нестабильность почти норма. Масштабы краха стали очевидны весной 2012 г.: после схода снежного покрова: все пространство тундры было усеяно останками леммингов. В среднем на 10м^2 встречалось до 5 особей. Не было обнаружено ни одного живого поселения.

В полевой сезон 2013 г. поиск леммингов был продолжен. Была применена массовая установка видеорегистраторов в различных станциях: горная тундра, заболоченные участки, березняки. В работе было задействовано 24 комплекта. Всего было записано 670 часов видео. Обследована территория порядка 25 км^2 . Были отработаны приемы установки и защиты камер, способы синхронизации, рассчитаны удобные для последующей обработки размеры видеофайлов, проверены длительности работы внешних источников питания в условиях низкой температуры. Определенную проблему представляли способы экспресс-анализа видеоматериалов, хранения и накопления полученной, но не обработанной информации. Найдены оптимальные решения для полевых условий. В течение всего периода проводилась GPS привязка и сбор останков леммингов для генетического анализа «мигрант-резидент». Однако лемминг опять не был найден.

Вопрос о возможных путях миграции, о первичных центрах генерации такого обилия зверьков, перерастает в неразрешимую проблему. Необходимо расширять и углублять исследования экологии лемминга: изучить его образ жизни на различных фазах динамики численности в тундрах Кольского п-ова (питание, размножение, использование убежищ, социальные взаимоотношения); оценить влияние факторов среды на стабилизацию поселений леммингов. Исследовать возможные трассы миграционных потоков леммингов, оценить их сезонную и суточную напряженность; дать прогностическое ранжирование сезонных перемещений; установить вероятные механизмы запуска миграционной активности в конкретном развитии событий (Mironov et al., 2012).

Комплексный подход подразумевает систематический, длительный контроль экологического фона на постоянных, пространственно закрепленных полигонах, с учетом динамики атмосферных явлений, ботанических и геоботанических исследований (Миронов, Стрелков, 2013). Воплощение обширных программ вполне реально при организации эстафетных исследований, эффективном методическом обеспечении, систематической аналитики. Опыт работы неформальной группы териологов Кольского п-ова, куда вошли исследователи Санкт-

Петербургского университета, Лапландского и Кандалакшского заповедников, тому подтверждение (Boyko et al., 2012).

Наряду с полевыми исследованиями работы ведутся и на лабораторной группе леммингов, основанной в 2011 г. Изучаются особенности размножения (сроки, родительское поведение), становление реакций, суточная активность, питание. В методологической основе: прямые и инструментальные манежные наблюдения (Mironov et al., 2003, Чистова и др., 2008,). Особое внимание сосредоточено на поиске проявлений сезонного миграционного состояния: изменения в суточной активности, изменения в характере двигательной активности.

Литература

Миронов А.Д., А.П. Стрелков. 2013. Комплексный мониторинг арктических видов грызунов Кольского п-ова. Мат. Всероссийской конференции «Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана». Сыктывкар, 3-7 июня 2013.

Миронов А.Д., А.П. Стрелков, Т.Ю. Чистова, О.М. Голубева. 2011. Опыт применения компактных малобюджетных видеорегистраторов при изучении экологии мелких грызунов. Международная конференции «Дистанционные методы исследований в зоологии». Москва, 2011. стр.53

Чистова Т. Ю., Миронов А. Д., Буткевич О. О., Голубева О. М., Жарова Г. К. Суточная активность китайской полевки в условиях лабораторного содержания. Доклады РАН. том 418, № 3, Январь 2008, С. 426-429

Boyko N., Ehrich D., Kataev G., Mironov A., Strelkov A. 2012. Lemmus lemmus L. Populations on the Kola Peninsula in 2011. "13th Rodens et Spatium" International Conference on Rodent Biology. Rovaniemi, Finland. July 16-20, 2012. p.44.

Mironov A.D., Golubeva O.M., Chistova T.Yu., Danilkina L.L. 2003. Budget daily activity of wood lemming (*Myopus schisticolor* (Rodentia, Cricetidae). Russian J. Theriol. 2 (2): 115-123

Mironov A., Strelkov A., Chistova T. 2012. Method of the Study of Norwegian Lemming, *Lemmus lemmus* L., mobility. "13th Rodens et Spatium" International Conference on Rodent Biology. Rovaniemi, Finland. July 16-20, 2012. p.118

The Biology of lemmings. (Ed. N.C. Stenseth, R.A. Ims).// Published for the Linnean Society of London by Academic Press.1993. pp. 655

Изменения маршрутов суточных и сезонных миграций птиц в южной части Санкт-Петербурга и пригородов

В.Г. Пчелинцев

Санкт-Петербургский государственный университет,

vapis@mail.ru

В течение более чем полутора десятков лет у южной окраины города, в районе расположения аэропорта «Пулково» проводятся наблюдения за суточными и сезонными миграциями птиц. Основной целью этих наблюдений является выяснение русел и путей пролета массовых видов птиц. В основе методики этих наблюдений лежит слежение через равные календарные промежутки с наблюдательных пунктов за перемещениями птиц в течение всего светлого времени суток. Кроме этого проводился объезд территорий, прилегающих к городу, для поиска мест скопления птиц. Полученные сведения позволяют говорить об изменении путей пролета птиц в окрестностях Санкт-Петербурга.

С мест ночевки, расположенных на мелководьях Маркизовой Луки, на территориях порта Санкт-Петербурга и крыш промышленных строений, в утренние часы стаи чайковых птиц летят к местам кормежки. В вечерние часы эти же птицы летят в обратном направлении. С начала наших наблюдений основным

местом кормежки чайковых и врановых птиц был полигон твёрдых бытовых отходов (ТБО) «Волхонка», расположенный у Волхонского шоссе примерно в 2 км к западу от шоссе Киевского. В продолжение многих десятилетий этот полигон, более известный как Южная свалка, был «центром притяжения» птиц, кормящихся на свалке. Чайковые птицы с мест ночевки летели или прямым направлением на Южную свалку, или, достигая Волхонского шоссе, летели вдоль него. Врановые, в большинстве своем, использовали в качестве направляющей линии своих суточных миграций Волхонское шоссе, вылетая на него кратчайшим путем с мест ночевки.

К середине 2012 года полигон ТБО «Волхонка» прекратил свое функционирование. И хотя он остался на своем месте, отходы на него перестали возить и всю его территорию дополнительно перекрыли грунтом. Чайки достаточно быстро нашли другой источник доступного корма: полигон ТБО «Новый Свет». Он функционирует около десяти лет и расположен возле Киевского шоссе вблизи одноименного поселка к востоку от г. Гатчина.

Теперь свое ежесуточные миграции чайковые птицы направляют к полигону ТБО «Новый Свет». С мест ночевки птицы летят к Волхонскому шоссе и, двигаясь вдоль него в восточном направлении, попадают к Киевскому шоссе, которое используют

в качестве направляющей до полигона ТБО. Небольшое количество птиц, вероятно тех, что ночует в районе Угольной Гавани и Кировского завода, летит через территорию городской застройки, выходя на Пулковское шоссе в районе железнодорожной станции Предпортовая. Далее эти чайки летят в южном направлении вдоль Пулковского и Киевского шоссе. Таким же путем, только в обратном направлении летят птицы на места ночевки в конце светового дня.

Вероятно в связи с тем, что цель перемещения чаек теперь значительно дальше, чем ранее (ТБО «Новый Свет» расположен примерно в 23 км к югу от ТБО «Волхонка»), в первой половине дня птицы летят в более высоком высотном эшелоне, чем в вечерние часы.

За последние годы граница территорий городской застройки отодвинулась в значительной степени в южном направлении. Построенные кварталы высотных жилых домов достаточно плотно расположены друг к другу. Между ними нет значительных по площади участков древесной растительности. Более того, жилой массив занял участки угодий на месте пригородного совхоза «Шушары». Сельскохозяйственная деятельность, по крайней мере в районе этого жилого массива и участков между Пулковским и Московским шоссе, полностью прекращена. Поля зарастают кустарником, их не косят и не пахут.

Из сельхозпредприятий, располагавшихся на южной окраине Санкт-Петербурга, к настоящему времени сохранилась лишь ферма в Старо-Паново. Животные находятся в ней на стойловом содержании, открытых кормов нет. Однако прилегающие поля еще используются для выращивания фуража и сена.

Эти изменения в изменении ландшафтов не лучшим образом сказались на привлекательности этих угодий для птиц.

Перестали существовать стоянки гусей на так называемых Шушарских полях. В начале 1990-х годов на этой территории, где 60% площади занимали возделываемые поля и 30% пастбища, численность гусей на стоянке в сезон достигала 40 тысяч по некоторым оценкам (Smirnov, 2001; Красная книга природы Санкт-Петербурга, 2004). При всем этом, необходимо заметить, что сельхозработы почти не пугали гусей. Основное беспокойство птицам на стоянках доставляли факты незаконной охоты, выжигание травы и появление людей с собаками или на велосипедах.

Высокотравные, некошенные поля не используются птицами для кормежки и отдыха в период миграций и послегнездовых кочевок. Ранее, только на Шушарских полях в отдельные дни собиралось до 5-6 тысяч чаек пяти видов. В период сезонных миграций, как весной, так и в осенний период, над возделывае-

мыми и обрабатываемыми полями охотились или просто летели дневные хищные птицы, в основном мышеядные. В начале 1990-х годов над полями в районе Дачного и Ульяновки в некоторые дни канюки (двух видов) летели в течение трех-четырех часов. Причем их было столько, что в поле зрения постоянно находились 1-2 птицы.

Разросся город и в юго-западном направлении. Участки взморья, плавни и пустыри вдоль залива в черте города практически перестали существовать. От некогда известных Знаменских болот осталось только название.

Все эти факты в изменении ландшафтов, наступления города на сельхозугодья и появления комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений привели к тому, что в период сезонных миграций птицы иными путями стали облетать город.

Ранее, облетая город с юга, птицы попадали на побережье Невской губы в район Автово, к устью реки Красненькой, территории нынешнего Южно-Приморского парка. Примерно к этим же местам южного побережья подлетали птицы, использовавшие для стоянок акватории мелководий у Васильевского и Крестовского островов дельты Невы. Далее эти птицы двигались вдоль южного побережья Невской губы, используя ее как направляющую линию миграции (Носков и др., 1965, 1976; Нос-

ков, Резвый, 1995; Noskov, 2002). Особенно многочисленны были птицы водно-болотного комплекса.

В последние годы, облетая город с юга, большинство птиц попадает сразу в район Петергофа и Ораниенбаума, откуда и продолжает свое движение вдоль побережья Финского залива в западном направлении осенью. Либо, достигнув этих мест, весной движутся в северо-восточном направлении с выходом к истоку Невы. Другой поток пересекает акваторию Невской губы, используя направляющей линией дамбу комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений.

На территории, оказавшиеся между этими потоками попадает уже не такое большое количество птиц, как ранее. Теперь в районе Пулковских высот, Шушарских полей и полей в районе Дачного и Улянки в период сезонных миграций число мигрирующих птиц существенно меньше такового, чем десять и более лет назад. Причем это связано не с общим уменьшением птиц в период миграций, а изменением путей их пролета.

Некоторые группы воробьиных птиц все еще продолжают (пусть и не в таком как ранее количестве) лететь через город. Это относится, прежде всего, к скворцам и в меньшей части к дроздам рода *Turdus*. Скворцы по-прежнему остаются массовым видом на территории города и в ближайших окрестностях во

время весенних миграций и летних, послегнездовых, перемещений.

Таким образом, изменения связанные с ростом и функционированием городских территорий привели к существенным сдвигам пролетных путей птиц в период сезонных и во время суточных миграций птиц. Изменились условия для сезонных миграций птиц. В соответствии с этими условиями изменились русла и направления пролета птиц в Санкт-Петербурге. В большинстве своем птицы уже не пересекают город как ранее, а облетают его с севера и с юга.

Пролетные пути кормовых перелетов чаек, совершаемых ими дважды за сутки, в результате смены места расположения массового корма существенно изменились.

Литература:

Красная книга природы Санкт-Петербурга. С.-Пб. АНО НПО «Профессионал». 2004. — 416 с.

Носков Г.А., Гагинская Е.Р., Хааре А.О., Каменев В.М., Большаков К.В. Миграции птиц в восточной части Финского залива // Сообщ. Прибалт. комиссии по изучению миграций птиц. Тарту. 1965. Вып. 3. С. 3-27.

Носков Г.А., Резвый С.П., Фетисов С.А. Миграционные связи птиц Ленинградской области по данным кольцевания // Тез. Симпозиума по изучению трансконтинентальных связей

перелетных птиц и их роли в распространении арбовирусов. Новосибирск. 1976. С.48.

Носков Г.А., Резвый С.П. (ред.) Атлас миграций птиц Ленинградской области по данным кольцевания // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. Т.85, вып.4. СПб. 1995. 232 с.

Noskov G.A. The main results of bird migration studies in the North-West Region of Russia// Study of the Status and Trends of Migratory Bird Populations in Russia. Fourth issue. SPb. 2002. P. 62-78

Smirnov O.P. Spring geese census in the vicinity of the Pulkovo airport in 1999 // Study of status and trend of migratory bird population in Russia. Third issue. SPb. 2001. P. 110-114.

Транскрипция ядерного генома в ходе гаметогенеза участвует в обеспечении изменчивости наследственной информации

А.Ф. Сайфитдинова

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, saifitdinova@mail.ru

Одним из основных постулатов теории происхождения видов путем естественного отбора Чарльза Дарвина является свойственная всем биологическим организмам индивидуальная наследственная изменчивость. Результаты проектов по расшифровке геномов модельных организмов показали, что высококонсервативна лишь небольшая часть геномов, включающая белок-кодирующие последовательности и отдельные последовательности, с которых транскрибируются длинные некодирующие РНК, а также короткие регуляторные и структурные участки. Остальная же часть генома значительно более пластична. Данные последних лет убедительно свидетельствуют о том, что при высоком уровне транскрипции увеличивается степень контранскрипционного мутагенеза исходной матричной ДНК. У организмов с гипертранскрипционным типом оогенеза на стадии диплотены первого деления мейоза интенсивность транскрипции достигает своих максимальных значений, при этом особый интерес представляет спектр транскрибирующихся последова-

тельностью и их роль в дальнейшем развитии. Результаты сравнительного анализа особенностей транскрипции ядерного генома в ходе проэмбрионального развития различных животных позволили сформулировать гипотезу о том, что транскрипция наряду с рекомбинацией обеспечивает поддержание стабильного уровня мутагенеза в линии клеток зародышевого пути. Таким образом обеспечивается необходимая для выживания популяции изменчивость и закладываются основы для эволюции. Имеющиеся данные свидетельствуют о существовании зависимости между организацией транскрипции ядерного генома в ходе проэмбрионального развития и стратегией заботы о потомстве, которые, в свою очередь, вносят вклад в определение стратегии полового размножения и оказывают влияние на характер хромосомного определения пола. У позвоночных животных происходит переход от раннего обособления клеток зародышевого пути, детерминированного положением половой цитоплазмы, к более позднему выделению клеток половой линии, которое неизбежно сопровождается широкомасштабным эпигенетическим репрограммированием генома. Работа выполняется в рамках ведущей научной школы НШ-4385.2012.4 и научного проекта Санкт-Петербургского государственного университета 1.38.79.2012.

Новые подходы к неинвазивному изучению редких видов

куньих

Д.А. Сенина¹, А.В. Гостева¹, Ю.Г. Михайлова¹,

Ю.Н. Шонурова¹, А.К. Читова²

¹ФГБОУ ВПО Череповецкий государственный университет

²Харьковская общеобразовательная школа I-III ступеней №70

alena.gosteva@mail.ru

Современная системы управления природопользованием должна располагать научным методическим инструментом, который обеспечивал бы получение точной информации об экосистеме и ее компонентах и одновременно не наносил ущерб этим компонентам. Этого можно достигнуть, используя как информацию о животных следы на субстрате (Новиков, 1949). Использование следов животных на субстрате позволяет получать достоверные показатели относительного обилия видов и даже устанавливать новые экологические закономерности, например, наступление пика численности куньих с длительной стадией в беременности на следующий год после пика численности грызунов и наступление пика численности куньих с короткой стадией в беременности в год пика численности грызунов (Поддубная, 1992). Но подходящим для такой работы субстратом является снег, который доступен не в каждом регионе и не во все сезоны

года, поэтому для неинвазивного изучения популяций в течение всех сезонов стали использовать образцы шерсти и экскременты. В последние годы, много успехов было сделано в атравматичных генетических методах, которые использовались для различных целей, включая важное для управления природой определение численности популяций (Mowat and Paetkau, 2002; Frantz et al., 2004; Ebert et al., 2010). Одним из наиболее детально проработанных направлений стало видовое определение как редких и требующих особых мер охраны, так и охотничье-промысловых, особенно видов из семейства куньих (Hansen and Jacobsen, 1999; Palomares et al, 2002; Gómez-Moliner et al, 2004; Fernandes et al, 2008; Накová et al, 2008, 2009; King et al, 2008; Rozhnov et al, 2008, 2010). И хотя значительная часть исследований сосредотачивалась на том, чтобы оптимизировать лабораторные протоколы и уменьшать ошибки генотипирования, лабораторные оценки оставались все еще недостаточно результативными и были связаны с методами отбора проб в полевых условиях (Fernandes et al, 2008; Ebert et al., 2010). Поэтому нами были проведены работы по совершенствованию лабораторного анализа и параметрам коллектирования образцов в полевых условиях европейской части России (Северо-западный регион и Белгородская область).

Как показал наш анализ сбора и хранения образцов, в широтах на уровне Вологодской области и Коми Республики каждый фекальный образец необходимо коллектировать так, чтобы избежать перекрестного загрязнения. Записи делать о дне, участке, приблизительном возрасте (или состоянии) экскремента и главном содержимом экскремента. Приблизительный возраст/состояние всегда оценивать тем же самым человеком, чтобы избегать различий в оценке между исследователями: свежий (0–1 сутки), относительно свежий (2–7 суток), относительно старый (около двух недель), старый (от двух недель до месяца) и очень старый (более месяца). Возраст собранного в зимнее время замороженного еще не высохшего образца считать свежим, как это делали Ж. Арендал с соавт. (Arendal et al., 2007). Если экскременты найдены на точках регулярного мечения территории, где остатки старого образца могли загрязнить новый, такой образец не включать в анализ. Полевую работу можно осуществлять во все сезоны. В труднодоступных районах в период летних экспедиций, в которых исследователи не имеют возможности замораживать образцы сразу же после их сбора, можно образцы транспортировать 7-10 дней при температуре окружающей среды и затем замораживать в лаборатории и оставлять замороженными (при температуре не ниже -16°C) до экстракции ДНК.

В лабораторном анализе наиболее подходящим является метод частичного секвенирования мтДНК (Рожнов с соавт., 2008), который был несколько модифицирован (оригинальная идея О.С. Колобовой) (Сенина и др., 2012). На основе имеющихся в GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/>) последовательностей был проведен сравнительный анализ контрольных участков митохондриальной ДНК интересующих видов куньих. Анализ включал последовательности европейской норки, американской норки, лесного хорька, лесной куницы, обыкновенной ласки, соболя, горноста, выдры. В результате были выбраны праймеры на консервативные для всех видов участки, ограничивающие вариабельный участок 409 н.п., позволяющий провести видовую идентификацию. Затем была проведена предварительная апробация праймеров на ДНК, выделенной из мышц и образцов шкурок интересующих видов. В результате были получены контрольные последовательности, позволяющие провести идентификацию с высоким уровнем достоверности (99 %). И наш анализ экскрементов включал в себя следующие стадии: предварительное морфометрическое определение принадлежности экскрементов, выделение мтДНК, ПЦР, электрофоретическую детекцию, секвенирование и сравнение полученных последовательностей с эталонными последовательностями в программе BLASTn. В результате из 79 исследованных этим ме-

тодом образцов видовую принадлежность удалось установить у 66 или в 84 % случаев, что является пока наилучшим из достигнутых результатов.

В результате использования трех методик (Рожнов с соавт., 2008; Fernandes et al., 2008; Сенина и др., 2012) из 127 подвергнутых молекулярно-генетическому анализу образцов экскрементов выделить мтДНК удалось из 100. Удалось установить, что 59 образцов принадлежали американской норке, 34 – выдре, 6 – лесной кунице и 1 – европейской норке. При этом выяснилось, что 18 % образцов, определенных по морфометрическим параметрам как принадлежащие норкам, в действительности принадлежали выдре (89 %) и кунице (11 %). Ранее М. Хансеном и Л. Якобсоном (1999) и К. Фернандесом с соавторами (2008) уже отмечалось, что из-за схожести формы, размера, запаха и содержания остатков одних и тех же объектов пищи визуальная идентификация экскрементов куньих является трудной задачей даже для опытных зоологов. Наши исследования это подтвердили и показали, что определение видовой принадлежности экскрементов куньих только по морфометрическим параметрам неизбежно сопровождается ошибками.

Благодарности. Мы признательны Кисилевой Н.В., предоставившей нам образцы экскрементов европейской норки для их использования в качестве эталонов. Работа выполнена при

частичном финансировании Минобрнауки РФ (проект, выполняемый вузом в рамках госзадания ДПННИТ, рег.номер: 4.8403.20132, руководитель: Н.П. Коломийцев).

Литература

1. Новиков Г.А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. Л.-М., Советская наука, 1949.
2. Поддубная Н.Я. Несинхронность динамики популяций различных куньих в ответ на изменения численности мышевидных грызунов. // Экология, 1992, № 1:41-46.
3. Сенина Д.А., Колобова О.С., Поддубная Н.Я., Малюченко О.П., Монахова Ю.А. Видовая идентификация представителей семейства куньих (Mustelidae) методом частичного секвенирования митохондриальной ДНК из образцов экскрементов // Тезисы докладов 12 научной конференции молодых ученых «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии», 1 апреля 2012 г. – М.: 2012. – С. 95.
4. Arrendal J., Vilá C., Björklund M. Reliability of noninvasive genetic census of otters compared to field censuses // *Conserv Genet*, 2007, 8:1097–1107.
5. Ebert, C., Knauer, F., Storch, I., and Hohmann U. Individual heterogeneity as a pitfall in population estimates based on non-

invasive genetic sampling: a review and recommendations // *Wildlife Biology* 2010, 16:225-240.

6. Fernandes C.A., Ginja C., Pereira I., Tenreiro R., Bruford M.W., Santos-Reis M. Species-specific mitochondrial DNA markers for identification of non-invasive samples from sympatric carnivores in the Iberian Peninsula // *Conserv Genet*, 2008, 9:681–690.

7. Frantz, A. C., M. Schaul, L. C. Pope, F. Fack, L. Schley, C. P. Muller, and T. J. Roper. Estimating population size by genotyping remotely plucked hair: the Eurasian badger. // *Journal of Applied Ecology* 2004, 41:985–995.

8. Gómez-Moliner B. J., M. T. Cabria, J. Rubines, I. Garin, M. J. Madeira, A. Elejalde, J. Aihartza, P. Fournier and S. Palazón. PCR-RFLP identification of mustelid species: European mink (*Mustela lutreola*), American mink (*M. vison*) and polecat (*M. putorius*) by analysis of excremental DNA // *J. Zool., Lond.*, 2004, 262:311–316

9. Haková P., Zemanová B., Roche K., Hašek B. An evaluation of field and noninvasive genetic methods for estimating Eurasian otter population size // *Conserv Genet*, 2009, 10:1667–1681.

10. Hansen M.M., Jacobsen L. Identification of mustelids species: otter (*Lutra lutra*), American mink (*Mustela vison*) and polecat (*Mustela putorius*), by analysis of DNA from faecal samples // *J. Zool.*, 1999, 247:177–181.

11. King R. A., D. S. Read, M. Traugott and Symondson W. O. C. Molecular analysis of predation: a review of best practice for DNA-based approaches // *Molecular Ecology*, 2008, 17: 947–963.
12. Mowat, G. and D. Paetkau. Estimating marten *Martes americana* population size using hair capture and genetic tagging. *Wildlife Biology* 2002, 8:201–209.
13. Palomares F., J. A. Godoy, A. Piriz and S. J. O'Brien and Johnson W. E. Faecal genetic analysis to determine the presence and distribution of elusive carnivores: design and feasibility for the Iberian lynx // *Molecular Ecology*, 2002, 11:2171–2182.
14. Rozhnov V. V., A. L. Morgulis, M. V. Kholodova, and Meshcherskii I. G. The Use of Molecular Genetic Methods for Identification of Mustelid Species by Analyzing Feces // *Russian Journal of Ecology*, 2008, 39:70–72
15. Rozhnov V. V., Meschersky I. G., Pishchulina S. L., and Simakin L. V. Genetic Analysis of Sable (*Martes zibellina*) and Pine Marten (*M. martes*) Populations in Sympatric Part of Distribution Area in the Northern Urals // *Russian Journal of Genetics*, 2010, 46:488–492.

**Обследование полярных ландшафтов полуостровов Ямал и
Гыдан с целью оценки антропогенного воздействия на экосистемы суши и акваторий в Арктике**

**Стрелков¹ А.П., Анисимова² Н.А., Крыленков¹ В.А.,
Миронов³ А.Д.**

¹Санкт-Петербургское общество естествоиспытателей
apstr@mail.wplus.net, krylenkoff@gmail.com;

²ПИНРО (г.Мурманск) natalya.anisimova@mail.ru;

³Санкт-Петербургский гос.университет, altam@am2030.spb.edu

Можно выделить два важнейших направления в сложном комплексе природопользования, связанных с освоением северных природных ресурсов. Первое связано с сельскохозяйственным освоением земельных ресурсов, результатом которого является замена природных экосистем на культурные, моно- или маловидовые, т. е. потеря природного биоразнообразия. Второе направление – промышленная добыча минеральных и топливно-энергетических ресурсов, что связано с разрушением природных комплексов и также потерей биологического разнообразия в разных антропогенно нарушенных полярных ландшафтах.

Негативные последствия техногенных воздействий на Крайнем Севере поставили перед исследователями еще одну задачу: разработать критерии антропогенной нарушенности по-

лярных экосистем (биогеоценозов) и приемы рационального природопользования и восстановления (рекультивации) природных экосистем с возможным возобновлением присущего им биологического разнообразия и с учетом низкого восстановительного потенциала северной биоты. Такие исследования на Севере развиты чрезвычайно слабо. Слабо освещены в литературе также результаты систематических исследований по изучению биоразнообразия фитоценозов и зооценозов естественных и вторичных (восстановившихся) экосистем после проведения рекультивационных работ. Но, именно многолетние наблюдения за (микро)биотой (сообществами микроорганизмов, растений и животных), за состоянием почв и грунтов в полярных регионах представляют особую ценность для теоретической науки. Наземные тундровые экосистемы северного полушария занимают 5.6 млн. км² поверхности (5-6% площади), в большинстве случаев это слабоосвоенные и труднодоступные территории. Материалы, связанные с длительным и системным мониторингом биоты (в частности, фитоценозов) освоенных территорий Российской Арктики практически отсутствуют.

Вместе с тем, широкий интерес к региону обусловлен множеством причин: ролью в формировании климата отдельных территорий, наличием неосвоенных запасов углеводов и минерального сырья и др. Существенна роль данных территорий и в

формировании углеродного баланса планеты: в них сосредоточено почти 11% всего запаса органического вещества, включая энергетические ресурсы.

Среди наиболее чувствительных индикаторов любых экосистемных перестроек региона являются, прежде всего, показатели состояния растительного покрова (видовой состав, структура, функциональная активность компонентов), пространственная (площадная и вертикальная) анизотропия физических свойств природных и нарушенных почв, поскольку они отражают интегральное воздействие любых возмущающих (в том числе, антропогенных) факторов.

Интегральная природа полученных оценок обусловлена подверженностью растительных и животных сообществ как прямому, так и опосредованному влиянию любых природных и антропогенных факторов. Вместе с тем, растительный покров и почва являются основным звеном, обеспечивающим сток углерода за счет фотосинтетической аккумуляции, и характеризуют продуктивность экосистем, которая может быть оценена газометрическими, весовыми, а в последнее время и дистанционными методами исследований (в частности, используя БПЛА).

Одной из основных целей мониторинга полярных регионов является выявление возможностей использования материалов спектральной съемки в комплексной оценке состояния тундровой почвы и растительности при анализе

естественных и антропогенно нарушенных экосистем Российской Арктики – в частности, в Ямало-Ненецком Автономном округе. Для выполнения такой работы необходимо связать полевые исследования тундровой растительности и фауны с данными спектрзональной аэрофотосъемки, чтобы начать анализ коррелятивных связей спектральных величин с характеристическими параметрами показателей (биоиндикация и биотестирование) состояния тундровой почвы (электорофизические характеристики) и растительности и, может быть, с показателями водной биоты. При этом следует попытаться оценить роль пространственного разрешения изображений поверхности в оценке показателей продуктивности фито- и зооценозов, а также разработать модель, описывающую ландшафтные особенности изменений полярных территорий и их временные и антропогенно индуцированные изменения по спектральным характеристикам, получаемых с цифровых изображений от фото-видео камер БПЛА (беспилотников).

Позвоночные животные Севера являются составным компонентом экосистемы, консолидирующим прямые и опосредованные воздействия в окружающей природной среде обитания – вершиной широкой экологической адаптации. Полевые работы териологической группы мониторинга полярных регионов КАЭМБ включали: 1. Изучение

биоразнообразия и динамики популяций наземных позвоночных животных (грызунов) – типичных обитателей полярных ландшафтов (с выявлением особо уязвимых (чувствительных) видов к антропогенному воздействию); 2. Организацию комплексных мониторинговых полигонов с целью длительного (многолетнего) сравнительного анализа и сопряженного наблюдения с привлечением дистанционных методов (в том числе, БПЛА); 3. Консервацию биоматериала, отбор и подготовку к транспортировке живых образцов арктических животных (в первую очередь, грызунов) для последующих тестовых лабораторных исследований с целью выявления особенностей этой популяции.

Исследования проводились в 4 базовых точках (рис.1):

- Район береговых работ № 1. Восточное побережье Обской губы, п-ов Явай, в районе истока р. Салпадаяха (озеро Тиребято). Координаты базового лагеря: 72°21,605' с.ш., 075°05,211' в.д. Сроки работ: 27.08-01.09.2013
- Район береговых работ № 2. Восточное побережье Гыданской губы. п-ов Мамонта, бухта Яйне-Вонга. Координаты базового лагеря – 71°18,239' с.ш., 077°31,308' в.д. Сроки работ – 04.09-10.09.2013
- Район береговых работ № 3. Восточное побережье Обской губы, п-ов Гыданский, р-н мыса Ханарасалья. В устье реки

Нгарка-Хортяха (мыс Таран). Координаты базового лагеря – $71^{\circ}25'22,3''$ с.ш, $073^{\circ}01'34,6''$ в.д. Сроки работ – 12.09-16.09.2013

- Район береговых работ № 4. Енисейский залив. Устье реки Монгочейха. В районе протоки Нанеряха. Координаты базового лагеря – $72^{\circ}22'27,0''$ с.ш, $078^{\circ}36'35,0''$ в.д. Сроки работ – 20.09-25.09.2013

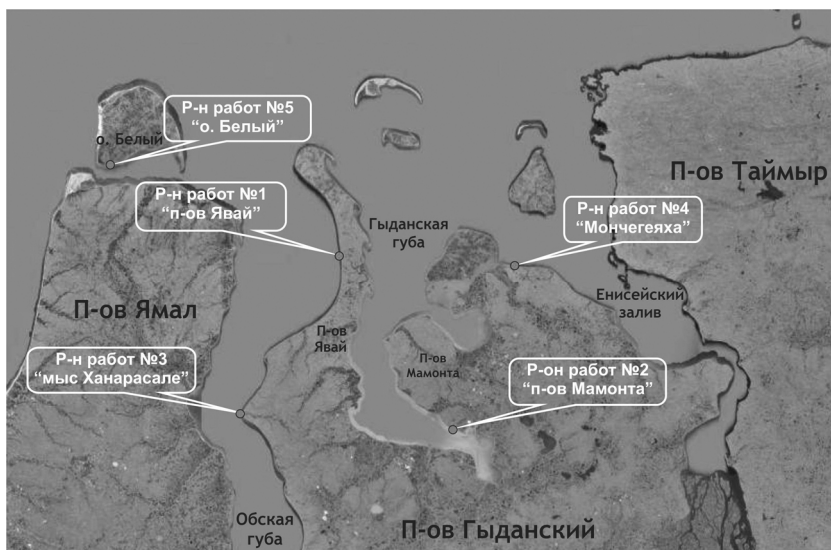


Рис.1.

В целом численность мелких млекопитающих оценивается как низкая. Проведена предварительная сопряженная оценка пространственной структуры поселений леммингов, как в пределах пробных площадок, так и в других местах в разных районах береговых работ. Различия в популяционном состоянии грызунов в 4 районах исследований довольно существенны, но требуются более продолжительные наблюдения. Для создания полной картины состояния популяций мелких млекопитающих необходим многолетний мониторинг как на данных, так и на других участках тундры. Антропогенного отрицательного воздействия на популяционное состояние мелких млекопитающих не отмечено.

Тактика методического обеспечения зоологических исследований себя оправдала. Необходимо продолжить мониторинговые исследования, причем отряд специалистов должен быть расширен и сбалансирован. Обязательно привлекать студентов и молодых специалистов. Сроки начала экспедиции необходимо сдвинуть на середину летнего периода. Высокая эффективность работы группы «Беспилотник» позволяет надеяться на продолжение подобных исследований. Для экологических изысканий необходим БПЛА с вертикальным взлетом и зависанием на относительно низких высотах (10-50м) для сопряженных исследований (геоботаника-

зоология-почвоведение).

Роль РII-белка в адаптации *Chlamydomonas reinhardtii* к условиям голодания по азоту

Н.Г. Харатян, Ж.М. Залуцкая, Е.В. Ермилова

Санкт-Петербургский государственный университет,

nina.kharatyan@gmail.com

Сигнальные белки из консервативного семейства РII, которые охарактеризованы у прокариот (бактерий и архей) и растений, функционируют за счет белок-белковых взаимодействий, контролируя широкий спектр мишеней в клетке, включающих ферменты, транскрипционные факторы и белки-транспортеры. Для выявления функций РII одноклеточной зеленой водоросли *Chlamydomonas reinhardtii* были получены штаммы со сниженным содержанием белка в клетках. Следует отметить, что успешно применяемые на других микроорганизмах методы направленного мутагенеза, оказываются неприемлемыми в случае *Chlamydomonas* из-за невозможности интегрировать в геном водоросли гетерологичную ДНК с помощью гомологичной рекомбинации. Кроме того, мутанты по ряду генов оказываются нежизнеспособными. Известно, что малые интерферирующие РНК, siRNA (от англ. small interfering RNA), принимают участие в процессах РНК-интерференции. РНК-интерференция, индуцируемая двухцепочечными РНК (дцРНК), приводит к ингибиро-

ванию генной экспрессии в результате специфической деградации соответствующей мРНК. Использование конструкций дцРНК, содержащих антисмысловые и инвертированные повторы, в ряде случаев было успешным у *Chlamydomonas*, но они приводят к образованию непредсказуемых siRNA, которые могут воздействовать на мишени. Недавнее открытие микроРНК у *C. reinhardtii* позволило создать векторы, обеспечивающие экспрессию искусственных miRNA (amiRNA), которые содержат специфичную для мишени miRNA. В связи с этим для получения необходимых для исследования штаммов нами был выбран метод экспрессии специфической искусственной микроРНК. Из 100 проанализированных трансформантов нами были отобраны два штамма, amiRNA-*GLB1*-38 и amiRNA-*GLB1*-48, в которых уровни белка РII не превышают 2,5 и 25% соответственно. Методом ПЦР в реальном времени показано снижение уровней мРНК *GLB1* в отобранных штаммах.

Параметры роста обоих штаммов на нитрате и нитрите не отличались от исходного штамма. На среде, содержащей аммоний в качестве источника азота, amiRNA-*GLB1*-38 демонстрировал более продолжительную лаг-фазу, большее время генерации и меньшую скорость роста. Однако никаких достоверных изменений параметров роста для штамма amiRNA-*GLB1*-48, в клетках которого уровень РII не превышает 25%, не наблюдалось.

На основании этого мы предполагаем, что наблюдаемые отличия в штамме *amiRNA-GLB1-38* не являются следствием редукции содержания РП-белка.

N-ацетил-L-глутаматкиназа (NAGK) - ключевой фермент биосинтеза аргинина, у цианобактерий и высших растений контролируется РП. В аминокислотной последовательности СгРП выявлены консервативные остатки, которые у цианобактерий и высших растений отвечают за взаимодействие РП с NAGK. Для проверки того, является ли NAGK также мишенью СгРП, нами была использована РП-аффинная хроматография растворимых белков штамма *amiRNA-GLB1-38*. Масс-спектрометрический анализ подвергнутых трипсинолизису белковых зон показал, что NAGK является мишенью СгРП. Полученные данные подтверждают высказанную ранее гипотезу о том, что РП-зависимая регуляция NAGK консервативна у организмов с оксигенным типом фотосинтеза.

Протеомный анализ позволил нам выявить два карбоксибиотин-переносящих белка, BCC1 и BCC2, из гетеромерной ацетил-КоА карбоксилазы *C. reinhardtii*, которые также взаимодействуют с СгРП. Примечательно, что у высших растений РП-белок контролирует активность пластидной ацетил-КоА карбоксилазы через связывание с ее BCC-субъединицей. Полученные нами результаты позволяют предполагать, что в клетках *C.*

reinhardtii, как и у других организмов с оксигенным типом фотосинтеза, РП взаимодействует с несколькими мишенями.

Липидные тела (ЛТ) представляют собой органеллы с достаточно консервативной структурой – центральная глобулярная часть, состоящая из нейтральных пептидов, окружена липидным монослоем, включающим также ряд белков. Хотя биогенез и структура ЛТ изучены пока недостаточно, показано, что у *S. reinhardtii* они аккумулируются в цитоплазме после действия на клетки различных стрессоров, например, отсутствия источника азота. Роль ЛТ в клетках эукариот может состоять не только в запасании источника углерода, но и жирных кислот, которые могут потребоваться для синтеза и ремоделирования клеточных мембран. Первым этапом в синтезе жирных кислот является этап карбоксилирования ацетил-КоА с образованием малонил-КоА. Эту реакцию катализирует ацетил-КоА карбоксилаза, которая у *S. reinhardtii*, также как и у высших растений, находится в хлоропласте. Следует отметить, что реакция идет в два этапа: сначала происходит карбоксилирование биотина и затем идет образование малонил-КоА в результате переноса активированного CO_2 на ацетил-КоА. Ацетил-КоА карбоксилаза *S. reinhardtii* является гетеротетрамерным комплексом и состоит из биотинкарбоксилазы, карбоксибиотин-переносящих белков и транскарбоксилазы, которые согласованно ускоряют синтез ма-

лонил-КоА. Мы предположили, что если белок РII *C. reinhardtii* через взаимодействие с карбоксибиотин-переносящим(и) белком(ками) также как у *Arabidopsis thaliana* снижает активность ацетил-КоА карбоксилазы, то отсутствие или снижение уровней этого белка в клетках будет сказываться на динамике синтеза жирных кислот и как следствие - динамике формирования ЛТ в условиях голодания по азоту. Полученные нами данные действительно показали более быстрое формирование крупных ЛТ в клетках со сниженными уровнями РII. Т.о., полученные нами результаты позволили выявить принципиально новую функцию представителя семейства РII-белков. (Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (№13-04-00087а) и Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение 8093).

Использование анимации в обучении школьников и студентов основам молекулярной биологии и генетики.

А.С. Чунаев

Санкт-Петербургский государственный университет, ГБОУ
СОШ № 91 Петроградского района Санкт-Петербурга.

В настоящее время обучение школьников и студентов происходит в условиях повсеместного внедрения компьютерных технологий. Анимация в качестве модуля цифровых образовательных ресурсов позволяет адекватно представить природу биологического знания, описывающего разнообразные процессы и их механизмы во времени и в пространстве. Для учащихся общеобразовательных учреждений важными составляющими анимации являются её привлекательность и интерактивность, способствующие повышению мотивации к обучению. Определяющей характеристикой анимации при обучении студентов университета является её наглядность, облегчающая понимание протекания биологических процессов и особенностей взаимодействия участвующих в этих процессов структур. Нередко в анимации включены тесты для контроля усвоения знаний учащимися, что можно эффективно использовать при подготовке к экзаменам, проходящим в тестовом формате. Существенна и доступность многих научно-корректных анимаций в сети Ин-

тернет, позволяющая демонстрировать анимации в on-line режиме. Так, уже 10 лет каждый может попытаться расположить в правильных сочетаниях и в правильной ориентации азотистые основания ДНК и связать их водородными связями(1) – что легло в основу построения модели ДНК в виде двойной спирали, которая была опубликованная в 1953 году(2) и принесла в 1962 году Нобелевскую премию своим авторам – Джеймсу Ватсону и Фрэнсису Крику. Достижение пользователем компьютера успеха в этой интерактивной анимационной сборке пар оснований сопровождается переходом к дальнейшим этапам построения модели ДНК в виде двойной спирали и завершается просмотром видеофайла о формировании виртуальной модели ДНК из огромного числа нуклеотидов. Возможно, просмотр этого ролика вдохновил русскоязычных авторов на создание анимации «Самоудвоение ДНК», в котором разрыв водородных связей между пуринами и пиримидинами служит основой для присоединения нуклеотидов и формирования новых нитей, причём этот процесс «самоудвоения», согласно наблюдаемому действию на экране монитора, идёт с нарушением антипараллельности синтеза новых нитей(3). К сожалению, анимации, содержащие фактические ошибки и/или иллюстрирующие ложные представления, встречаются в Интернете, и это не позволяет рекомендовать учащимся и студентам вести самостоятельный поиск анимаций по те-

мам занятий, а использовать материалы только с надёжных сайтов. Уместно отметить, что и на англоязычных образовательных сайтах встречаются неточности и нежелательные упрощения. Так, одна конкретная анимация о последствиях кроссинговера в инверсионной петле демонстрирует поведение в мейозе только двух из четырёх хроматид, хотя известно, что кроссинговер идёт на стадии четырёх нитей, причём указание на введённое упрощение приводится лишь в сопроводительном тексте и должным образом не подкреплено на уровне визуального восприятия(4). Кроме того, в этой анимации на хромосомах не отмечено положение центромер, что не даёт возможности иллюстрировать объяснения различий парацентрической и перичцентрической инверсий. Справедливости ради следует отдать должное разработчикам анимаций по клеточной и молекулярной биологии на этом сайте, создавших одну из лучших анимаций о расхождении гомологичных хромосом (и генов на этих хромосомах) в мейозе в отсутствие кроссинговера и при условии прохождения кроссинговера(5). Данная анимация существенно облегчает работу преподавателя и может быть использована для уяснения студентами и школьниками типичных ошибок в изображениях ими хромосом и обозначений аллелей на различных стадиях мейоза. Подробное объяснение особенностей мейотических делений на русском языке сопровождает анимацию Мейоз.swf, которую

учащиеся могут скачивать с сайта(6) и использовать для самостоятельного изучения.

В случае, если анимация является основным иллюстративным материалом, сопровождающим объяснение преподавателя, возможно комбинировать видеозаписи лекций и анимацию в виде тематических обучающих фильмов. Такие фильмы на английском языке уже появились (см., например, 7).

Для создания качественных анимаций требуются специальные компьютерные приложения и умение работать в этих приложениях. Как правило, анимации по биологии создаются программистами на основе печатных изданий учебных пособий. В то же время в практику преподавания вошло использование презентаций в качестве иллюстративного материала лекций, причём, эти презентации, как правило, создаются самими преподавателями. Сравнение имеющихся анимаций и материалов презентаций, выложенных в Интернете, показывает, что презентации включают в себя больше элементов современного научного знания. В частности, мне не удалось найти на образовательных сайтах анимированную структуру ДНК, учитывающую вариабельность расстояний между парами оснований, которая зависит от последовательности нуклеотидов, хотя эта вариабельность известна науке с 1980 года (8). Другой аспект сравнения презентаций и анимаций состоит в том, что файлы анимаций

компилированы, то есть для их хранения требуются меньшие объёмы памяти, и их редактирование затруднено, в соответствии с чем они представляют удобный формат для выкладки материалов презентаций в сети Интернет.

Литература.

1. <http://www.dnai.org/a/index.html>.
2. Watson, J.D. and Crick, F.H.C. 1953. Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribonucleic acids. *Nature* 171: 737–738.
3. <http://moemesto.ru/mochbiolog/link/11461988>.
4. <http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0072437316/120082/bio33.swf>.
5. <http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0072835125/126997/05-01.swf>.
6. <http://narod.ru/disk/5035036000/Мейоз.swf.html>
7. <http://www.youtube.com/watch?v=8kK2zwjRV0M>
8. Wing R., Drew H., Takano T., Broka C., Tanaka S., Itakura K., Dickerson R. E. 1980. Crystal structure analysis of a complete turn of B-DNA. *Nature* 287, 755 – 758.

Население дождевых червей в разных типах таежных лесов

М.П. Шашков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физико-химических биологических проблем почвоведения
Российской академии наук,
max.carabus@gmail.com

Для разработки комплекса мер по сохранению биологического разнообразия необходимо выявление функциональных связей между компонентами экосистем. Известно, что дождевые черви играют ключевую роль в процессах почвообразования при формировании и стабилизации почвенных агрегатов, деструкции подстилки и образовании органоминерального горизонта почвы (Langmaid, 1964), а также в круговороте азота (Lee, Foster, 1985), являясь, тем самым «экосистемными инженерами» (Jones et. al, 1994). Не смотря на огромное количество работ, описывающих роль почвенной фауны в процессах круговорота органического вещества, на настоящий момент еще недостаточно данных для количественной оценки этих процессов. В частности, мало информации о численности и биомассе дождевых червей в разных типах бореальных лесов (Чертов, 2013).

В данной работе представлены результаты исследований населения дождевых червей, обитающих в разных типах боре-

альных лесов. Полевые работы проводились в рамках комплексных экспедиций ЦЭПЛ РАН и ИФХиБПП РАН на особо охраняемых природных территориях Вологодской и Костромской областей. В Вологодской области сборы проводились в средне-таежных еловых лесах в Национальном парке «Русский Север» и заказнике «Атлека», в Костромской области исследованы южнотаежные ельники ядра заповедника «Кологривский лес».

Сборы дождевых червей проводили стандартным методом: на каждой площадке вручную разбиралось по 8 почвенных проб 25x25 см, отобранных на глубину органических и органоминеральных горизонтов. Материал фиксировался в 4% формалине, определение червей проводилось по ключу Т.С. Перель (1997). Тип леса определяли по методике, предложенной Л.Г. Ханиной с соавторами (2002). Типы почв определены д.б.н. М.В. Бобровским.

В заказнике «Атлека» 4 пробные площади были заложены в ельниках высокотравных (PcH) на подзолистых, скрытоподзолистых и скрытоподзолистых глееватых почвах; одна пробная площадь — в ельнике бореально-мелкотравном (PcBr) на подзолистой почве. В Национальном парке «Русский Север» исследовано 2 участка ельников высокотравных (на буроземе и подзолистой почве). В ГПЗ «Кологривский лес» заложены 3 пробных площади - в ельнике высокотравном, ельнике крупнопапоротни-

ковом (PcLf) и ельнике черничном (PcVm). В высокотравном и крупнопоротниковом типах леса почвы были дерново-подзолистыми, в черничном — подзол.

В ходе проведенных исследований были учтены дождевые черви, относящиеся к 4-м видам: *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus*, *Octolasion lacteum* и *Lumbricus rubellus*.

Наибольшая плотность дождевых червей наблюдалась в ельнике высокотравном на буроземе (НП «Русский Север») — 26 экз./м² (табл. 1). Кроме того, данная пробная площадь характеризуется присутствием гумусового горизонта, мощность которого на некоторых участках превышала 20 см. Наименьшая плотность дождевых червей (2 экз./м²) зафиксирована в ельнике бореально-мелкотравном в заказнике «Атлека». На одной пробной площади в ельнике крупнопоротниковом в ГПЗ «Кологривский лес» червей не обнаружено.

В исследованных лесах в заказнике «Атлека» обнаружено три вида дождевых червей *Dendrobaena octaedra*, мелкий подстилочный червь *Dendrodrilus rubidus* и обитающий в перегнойном горизонте *Octolasion lacteum*. Все три вышеназванных вида одновременно учтены только в ельнике высокотравном с *Diplazium sibiricum*. На остальных пробных площадях в лесах заказника отмечено 122 вида дождевых червей.

Табл. 1. Численность дождевых червей (экз./м²) на пробных площадях.

Виды дождевых червей	Номера пробных площадей										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Dendrodrilus rubidus</i>	-	-	-	-	4	2	-	-	-	-	
<i>Octolasion lacteum</i>	1	-	-	-	4	2	2	-	12	-	
<i>Lumbricus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	
<i>Dendrobaena octaedra</i>	9	2	6	-	4	2	6	-	-	6	
неопределенные	1	-	8	2	-	2	12	-	-	-	
Общая численность	11	2	14	2	12	8	26	-	12	6	
Тип леса	Рс Н	Рс Br	Рс Н	Рс Н	Рс Н	Рс Н	Рс Н	Рс Н	Рс Lf	Рс Н	Рс V m
	Заказник «Атлека»					«Рус. Север»		«Кологривский лес»			

В национальном парке «Русский север» в ельнике высоко-травном, кроме вышеперечисленных видов дождевых червей, обнаружены ювенильные особи дождевых червей рода *Lumbricus*, предположительно *Lumbricus rubellus*, который является почвенно-подстилочным и участвует в образовании органо-минерального горизонта (Перель, 1979). Таким образом, в обследованной части национального парка «Русский север» обитает как минимум 4 вида дождевых червей.

В южнотаежных ельниках ядра заповедника «Кологривский лес» всего было отмечено два вида дождевых червей — по одному виду было учтено в ельнике высокотравном (*Octolasion lacteum*) и ельнике черничном (*Dendrobaena octaedra*).

По мнению О.В. Смирновой еловые высокотравные леса являются наименее нарушенными предшествующими антропогенными воздействиями по сравнению с другими типами лесов (Смирнова и др., 2006). В то же время, численность дождевых червей в исследованных нами высокотравных лесах была низкой. В процессе сбора материала на двух участках леса были обнаружены почвы с подзолистым горизонтом, состоящим из образований, похожих на копролиты дождевых червей. Мощность подобного слоя в заказнике «Атлека» не менее 20 см., в НП «Русский север» 10 см. При этом численность и видовой состав люмбрицид в данной местности недостаточна для создания слоя такой мощности. Было предположено, что ранее в данных местностях численность дождевых червей была намного выше и в фауне были представлены внутрпочвенные виды, в первую очередь *Aporrectodea caliginosa*, активно формирующие органоминеральный горизонт. Видимо, в результате неизвестных нарушений произошло уменьшение численности и видового богатства люмбрикофауны, а также осветление гумусового гори-

зонта. Причем эти нарушения не были катастрофичными, так как структура верхних горизонтов почвы сохранилась.

Предположение о потенциально большей численности дождевых червей подтверждаются результатами исследований населения люмбрицид, проведенных в старовозрастных пихтово-еловых лесах Печоро-Илычского заповедника (Шашков, Бобровский, 2008). Было показано, что при отсутствии нарушений в течение нескольких сотен лет численность дождевых червей в северной тайге может достигать 76 экз/м². Поэтому полученные в ходе данного исследования оценки численности дождевых червей в высокотравных лесах далеки от максимально возможных, что необходимо учитывать при моделировании циклов биогенных элементов.

Автор выражает благодарность Т.С. Всеволодовой-Перель, О.В. Смирновой, М.В. Бобровскому Е.В. Терентьевой и Н.В. Ивановой.

Исследование проведено при финансовой поддержке Президиума РАН (Программа №4)

Литература

Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России: Кадастр и определитель. — М.: Наука, 1997. 102 с.

Перель Т.С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М.: Наука, 1979. 272 с.

Смирнова О.В., Бобровский М.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Сукцессионный статус старовозрастных темнохвойных лесов Европейской России // Успехи современной биологии. — Т. 126, №1., 2006. С. 27 – 49.

Ханина Л.Г., Смирнов В.Э., Бобровский М.В. Новый метод анализа лесной растительности с использованием многомерной статистики (на примере заповедника «Калужские засеки») // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2002. Т. 107. № 1. С. 40-48.

Шашков М.П., Бобровский М.В. Население дождевых червей малонарушенных пихто-ельников Печоро-Илычского заповедника // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы III Всероссийской научной конференции. Йошкар-Ола — Пушино. Мар. гос. ун-т, 2008. С. 220-221.

Чертов О.Г. Количественная оценка роли почвенной фауны в трансформации органического вещества и гумификации в лесных почвах // Разнообразие лесных почв и биоразнообразие лесов. Сборник материалов V Всероссийской конференции по лесному почвоведению с международным участием — Пушино ИФХиБПП РАН, 2013. С. 124—126

Jones C.G., Lawton J.H., Shachak M. (1994) Organisms as ecosystems engineers // Oikos. Vol. 69, P. 373—386.

Langmaid K.K. (1964) Some effects of earthworm invasion in virgin podzols // Can. J. Soil Sci. Vol. 44.

Lee K.E., Foster R.S. (1991) Soil fauna and soil structure // Aust. J. Soil Res. Vol. 29, 1991. P. 745—775.

Пространственная организация высокогорных кустарниковых сообществ на Южном Урале

Ю.В.Шалаумова, А.А.Григорьев

Уральский государственный лесотехнический университет, Институт экологии растений и животных УрО РАН,

yulyash@gmail.com, grigoriev.a.a@ipae.uran.ru

Введение. В настоящее время большой интерес представляет изучение состояния и пространственного положения кустарниковых сообществ, произрастающих на верхней границе распространения в горных районах, поскольку высокогорные экосистемы (расположенные выше верхней границы сомкнутых лесов) наиболее чувствительны к факторам внешней среды [1, 3], среди которых определяющими являются локальные климатические условия. Несмотря на перспективность исследования высокогорных экосистем, например, как индикаторов климатических изменений, вопрос о закономерностях распространения крупных кустарников в высокогорьях остается еще относительно слабо изученным по сравнению с исследованиями, посвященными высокогорной древесной растительности.

В связи с этим возникает задача оценки влияния именно локальных параметров среды на пространственную организацию высокогорных кустарниковых сообществ. Одним из под-

ходов к решению поставленной задачи является построение крупномасштабной карты растительности, позволяющей выдвигать новые гипотезы о закономерностях пространственного расположения растительности и определяющих факторах, влияние которых обычно прослеживается по изменениям параметров экосистем в зависимости от градиентов климатически и экологически задаваемых условий.

Цель работы – выявление основных закономерностей, определяющих пространственную структуру кустарниковых сообществ, произрастающих на верхнем пределе распространения в горных районах Южного Урала, на примере сообществ можжевельника обыкновенного.

Объект и методы. Объектом исследования является высокогорная кустарниковая растительность Южного Урала, представленная можжевельником обыкновенным (*Juniperus communis* L.), произрастающим на массиве Ирмель. Можжевельник обыкновенный встречается на различных почвах, но наиболее благоприятными условиями для его развития является умеренная влажность и незначительное уплотнение почвы. Растет при температурах воздуха в диапазоне от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, характеризуется морозостойкостью [2]. Светолюбивое растение, переносящее небольшое затенение.

В работе представлены данные о высокогорных кустарни-

ковых сообществах, собранные во время полевых исследований на Южном Урале, актуализированные в 2012–2013 гг. При построении крупномасштабных карт, отображающих современное состояние высокогорной кустарниковой растительности на массиве Ирмель, была использована геоинформационная система (ГИС) ArcGIS 10.1. (ESRI Inc., США). Для этого была оцифрована топографическая карта масштаба 1:25 000 для территории Южного Урала (опубликованная в 1991 г.) с нанесенными на нее границами выделов. Границы устанавливали с учетом геоморфологических особенностей рельефа и границ участков распространения можжевельника обыкновенного различной сомкнутости, при этом использовались методы глазомерной таксации, картирования на местности, дешифрирования аэрофотоснимков и ландшафтных фотоснимков.

Для систематизированного хранения атрибутивной информации по каждому выделу в районе исследования была разработана база данных, содержащая высотное расположение выдела над уровнем моря, крутизну и экспозицию склона, степень каменистости и увлажнения участка, состав древостоев, среднюю высоту деревьев, сомкнутость крон, среднее проективное покрытие можжевельника обыкновенного, его густоту и урожайность. Сформированная база данных была присоединена к растровому слою выделов в ГИС.

Созданные растры выделов были наложены на предварительно полученную цифровую модель рельефа местности, дополнены разработанными легендами и представлены в виде картосхем распространения можжевельника обыкновенного в районе исследования.

Результаты. В ходе работы получены карты-схемы характеристик кустарниковых сообществ на массиве Ирмель и условий внешней среды, позволяющие наглядно оценить основные закономерности распространения можжевельника обыкновенного в зависимости от условий местообитания и наиболее благоприятные местообитания для его роста и развития на верхнем пределе произрастания.

Среди основных факторов, определяющих состояние можжевельника обыкновенного и его расселение, были проанализировано влияние следующих: температуры приземного воздуха в зимний и летний периоды, количества осадков, высоты над уровнем моря, крутизны и экспозиции склонов, степени каменистости и увлажнения участков, сомкнутости крон древесостоев.

На рисунке 1 представлена карта-схема современного распространения можжевельниковых зарослей в районе исследования в сопоставлении с характеристиками рельефа местности: степенью каменистости склонов и высотой над уровнем моря. В це-

лом по массиву прослеживается зависимость между увеличением густоты и снижением средних показателей каменистости склонов.

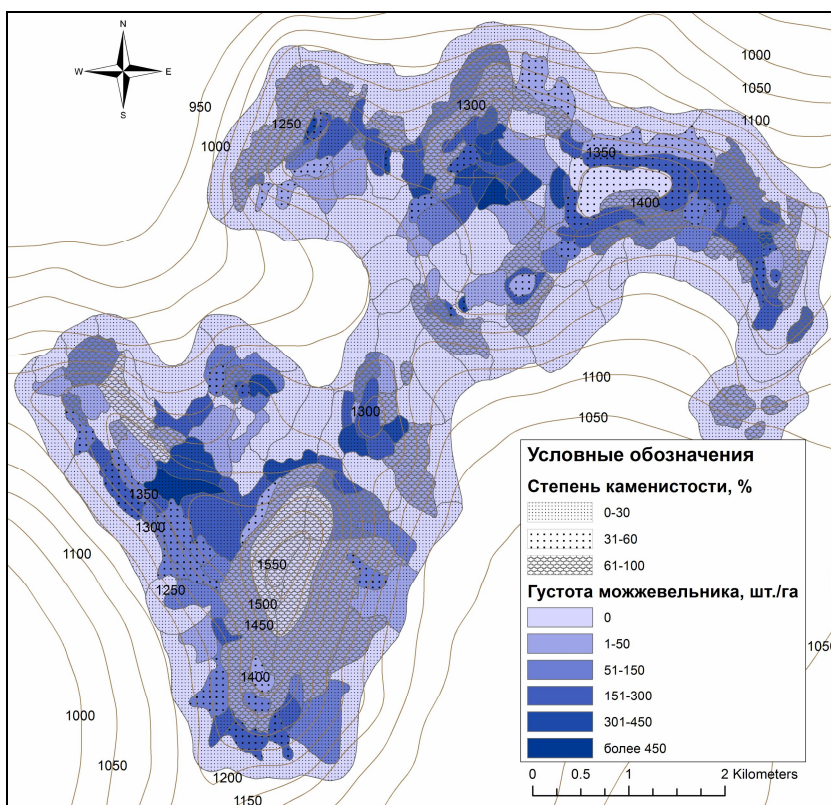


Рис. 1. Карта-схема густоты можжевельника обыкновенного и степени каменистости склонов для массива Ирмель (Южный Урал)

Сообщества можжевельника обыкновенного на массиве

Иремель составляют верхнюю границу распространения крупных кустарников, располагаясь поясом (в диапазоне высот от 1100 до 1400 м над уровнем моря) между сомкнутым лесом, с одной стороны, и тундровыми сообществами, местами доходя до каменистых участков, – с другой. Отдельные особи можжевельника встречаются ниже по высотному градиенту в сомкнутом лесу, но их количество не велико, по-видимому, из-за недостатка света и конкуренции со стороны древостоев. Также отдельные деревья (преимущественно в форме куртин) встречаются и в поясе распространения можжевельника. Следует отметить, что за такими деревьями с подветренной стороны отмечается гораздо лучшее состояние кустарниковых особей по сравнению с кустарником, произрастающим на более открытых участках, объясняемое улучшением микроклиматических условий, в частности, связанных увеличением снежного покрова за деревьями, защищающего от вымораживания. Похожая ситуация наблюдается и на понижениях микрорельефа.

Анализ инструментальных наблюдений с 1880 по 2000 гг. на расположенных в регионе исследования метеостанциях Таганай-гора и Златоуст показал увеличение средней температуры приземного воздуха на 1 °С в летние месяцы и на 3–4 °С зимой, а также рост количества осадков, особенно в зимний период.

Усредненные данные для всех выделов показывают, что

наиболее благоприятными для произрастания можжевельника, оцениваемые по параметру густоты, являются относительно пологие, лучше дренированные склоны, с оптимальным количеством снега в зимний период, выше верхней границы распространения сомкнутого леса.

Исследования проводились при поддержке РФФИ, гранты № 11-04-00623-а, 12-04-31014.

Литература

1. Высокогорная геоэкология в моделях / М. Ч. Залиханов [и др.]. М.: Наука, 2010. 487 с.
2. Кожевников А.П., Тишкина Е.А. Экология можжевельника. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т., 2011. 144 с.
3. Шиятов С. Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 216 с.