



**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**БИОЛОГИЯ, ХИМИЯ, ФИЗИКА:
ВОПРОСЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ**

Новосибирск, 2012 г.

УДК 50
ББК 20
Б 63

Б 63 «Биология, химия, физика: вопросы и тенденции развития»:
материалы международной заочной научно-практической
конференции. (01 февраля 2012 г.) — Новосибирск: Изд. «ЭКОР-
книга», 2012. — 148 с.

ISBN 978-5-8561-8258-2

Сборник трудов международной заочной научно-практической конференции «Биология, химия, физика: вопросы и тенденции развития» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных естественных наук.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития естественных наук.

ББК 20

ISBN 978-5-8561-8258-2

Оглавление

Секция 1. Биология	7
1.1. Биологические аспекты сельского хозяйства	7
ГРИБНЫЕ БОЛЕЗНИ АКТИНИДИЯ КИТАЙСКОЙ Агаева Малахат Али	7
СОДЕРЖАНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МОЛОКЕ, ПОЛУЧАЕМОГО НА ТЕРРИТОРИИ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ Коржумбаева Акку Таукеловна	12
1.2. Ботаника	16
МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЦВЕТИЯ <i>LOBULARIA MARITIMA</i> (L.) DESV Березенко Екатерина Сергеевна Харченко Виктория Евгеньевна Черская Наталья Александровна	16
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ НА ПРИМЕРЕ ВИДОВЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВ <i>LAMIACEAE</i> И <i>ASTERACEAE</i> В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ УРО РАН Болотник Елизавета Витальевна Кошелева Елена Александровна	22
АНАЛИЗ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЦВЕТКОВ НА РАСТЕНИЯХ НА ОСНОВАНИИ ГОМОЛОГИЧНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ Харченко Виктория Евгеньевна	28
1.3. Генетика	38
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕННО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ НА ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ Корнилова Анна Александровна Хомуленко Наталья Александровна Назарова Татьяна Владимировна	38

1.4. Зоология	43
ВЛИЯНИЕ E.MARACANDICA И E.WILKINSI НА ТЕМПЫ РОСТА КАПУСТЫ Хамраев Аловиддин Шамсиддинович Абдуллаев Икром Искандарович Ганджаева Лола Атаназаровна	43
ОРНИТОКОМПЛЕКСЫ: ОТ ВИДОВОЙ ЕМКОСТИ БИОТОПА К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ Проخورов Виталий Геннадьевич	47
1.5. Микробиология и вирусология	53
ПОИСК ПРОДУЦЕНТОВ АРАХИДОНОВОЙ КИСЛОТЫ СРЕДИ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ КАЗАХСТАНА Салихова Дания Рамылевна Цуркан Яна Сергеевна Карпенюк Татьяна Анатольевна Гончарова Алла Владимировна Бейсембаева Роза Ултубаевна	53
ГЛЮКОЗИЛТРАНСФЕРАЗЫ ЛЕГИОНЕЛЛ Совкова Ирина Владимировна	58
1.6. Токсикология	62
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ КОРМА, ПОРАЖЕННОГО TILLETIA CARIES Толпышев Евгений Владимирович Герунов Тарас Владимирович	62
1.7. Физиология	67
ВЛИЯНИЕ НИТРАТОВ НА НЕВРОЛОГИЧЕСКИЙ ДЕФИЦИТ КРЫС, ВЫЗВАННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИШЕМИЕЙ МОЗГА Кузенков Виктор Сергеевич Курилина Татьяна Андреевна	67
1.8. Экология и природопользование	73
СОДЕРЖАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В ВОДЕ МАЛЫХ РЕК С РАЗНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ Грубинко Василий Васильевич Грюк Ирина Борисовна Суходольская Ирина Леонидовна	73

СОДЕРЖАНИЕ К-40 В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАЗАХСТАНА	84
Липихина Александра Викторовна Жакупова Шолпан Болатовна Зингатинова Зухра Сансызбаевна Апсаликов Рустем Казбекович	
РОЛЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ПРОЦЕССАХ АДАПТАЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА	88
Цандекова Оксана Леонидовна	
Секция 2. Химия	92
2.1. Аналитическая химия	92
ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОДАХ КЛЮКВЫ (<i>OXUCOCCUS PALUSTRIS</i>) МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ	92
Лютикова Марина Николаевна Туров Юрий Прокопьевич	
2.2. Биоорганическая химия	99
МОЛЕКУЛЯРНАЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОМРФ- И ОМРС-ПОДОБНЫХ БЕЛКОВ НАРУЖНОЙ МЕМБРАНЫ <i>YERSINIA</i> <i>RUCKERI</i>	99
Чистюлин Дмитрий Константинович Вакорина Татьяна Ивановна, Ким Наталья Юрьевна Хоменко Валентина Александровна Портнягина Ольга Юрьевна Новикова Ольга Данииловна	
2.3. Органическая химия	109
ОДНОРЕАКТОРНАЯ КОНДЕНСАЦИЯ ПИНАКОЛИНА С ДИАЛКИЛОКСАЛАТАМИ И ЦИАНАЦЕТАМИДОМ	109
Виноградов Алексей Николаевич Ахременкова Ольга Евгеньевна Козьминых Владислав Олегович	

НОВАЯ ТРЁХКОМПОНЕНТНАЯ РЕАКЦИЯ ПИНАКОЛИНА С ДИАЛКИЛОКСАЛАТАМИ И 2,4-ДИНИТРОФЕНИЛГИДРАЗИНОМ Виноградов Алексей Николаевич Шарыгина Камилла Рафиковна Козьминых Владислав Олегович	113
СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ 2,3-БИС-(2- ОКСОАЛКИЛИДЕН)-1, 2, 3, 4- ТЕТРАГИДРОХИНОКСАЛИНОВ Карманова Ольга Геннадьевна Козьминых Владислав Олегович Муковоз Петр Петрович Козьминых Елена Николаевна	117
Секция 3. Физика	123
3.1. Физика атомного ядра и элементарных частиц	123
ФИЗИКА АТОМА О СТРОЕНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ Плеханов Петр Георгиевич Попов Никита Александрович	123
3.2. Физика конденсированного состояния	128
МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЕ И ПЬЕЗОСОПРОТИВЛЕНИЕ В КРЕМНИИ P-ТИПА Таймуратова Лидия Унгарбаевна	128
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАРЯЖЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ С ДИСКРЕТНЫМ СПЕКТРОМ ЛОВУШЕК Эбель Андрей Александрович	136
3.3. Физическая электроника	142
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ УГЛОВОГО НЕУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ПО ТЕОРИИ ГРИЗИНСКОГО Чан Хай Кат	142

СЕКЦИЯ 1.

БИОЛОГИЯ

1.1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ГРИБНЫЕ БОЛЕЗНИ АКТИНИДИЯ КИТАЙСКОЙ

Агаева Малахат Али

*канд. биол. наук, доцент, ЛГУ, г. Ленкорань, Азербайджан
E-mail: zooloq.60@mail.ru*

В Азербайджане, в частности Ленкорань-Астаринской зоне из субтропических плодовых культур наиболее интересным и перспективным видом в отношении размеров и качества плодов является актинидия китайская. Об этом, в первую очередь, свидетельствуют природно-климатические условия этой зоны — сравнительно мягкая зима, высокая относительная влажность воздуха и соответствующие почвы.

Актинидия китайская представляет собой многолетнюю деревянную вьющуюся лиану или лазающий кустарник, относится к семейству актинидиевых (Actinidiaceae) и роду Actinidia. Род актинидии насчитывает около 30 видов, большинство из них имеет декоративное и лишь некоторые — пищевое и лекарственное значение. В мероприятиях по развитию актинидий немаловажное значение имеет защита ее от грибных заболеваний, которые могут причинить большой ущерб урожаю.

По существующим литературным данным, актинидия не повреждается вредителями и болезнями, но в 2007—2011 гг. проведенные нами маршрутными обследованиями насаждений актинидия в условиях Ленкорань-Астаринской зоны было установлено, что актинидий поражаются широко распространенными и вредоносными болезнями. Такими как фитофторозная корневая гниль, частичное повреждение листьев и плодов белой и серой гнилью, возбудителями которых являются многие виды грибов рода

Phytophthora. В наших условиях в этом направлении особых исследований до нас не проводились.[1, с. 1—3]

Изучение возбудителей болезней актинидия китайской проводилось нами в частных насаждениях субтропической зоны Азербайджана, в частности Ленкорань-Астаринской зоне начиная с 2007 года. Определение возбудителей, а также вредности и интенсивности развития болезней проводилось по общепринятым методикам. Микологические сборы проводились при обследовании плантации актинидий. При обработке гербарных материалов в ряде случаев применялись методы влажных камер и чистых культур. При определении грибов мы использовали отечественные справочные литературы [4, с. 593]; [6, с. 65].

Фитофторозная корневая гниль, возбудителем которого является *Phytophthora cactorum*. Поражаются 1—5-летние побеги, корни, корневая шейка. У пораженных растений отмечается слабый верхушечный рост, хлороз и опадение листьев. В области корневой шейки некротические пятна, резко отличающиеся от здоровой ткани, часто опоясывают штамп с выделением камеди. Вблизи поверхности почвы на коре корней коричневато-черные пятна, охватывающие слой древесины. Кора становится ломкой и отваливается. При сильной степени развития болезни растения погибают. Довольно часто встречается в питомниках при не соблюдении норм полива. Развитию болезни способствуют длительное переувлажнение почвы и слабая ее аэрация, повышенная кислотность (рН 4.3—4.5). Для нормального роста и развития актинидии наилучшей считается легкая почва, в пределах рН 6,5—7,5 [2, с. 126—127]; [3, с. 99].

Серая гниль, возбудитель болезни — дейтеромицетовый гриб *Botrytis cinerea* Pers. По своим свойствам он относится к факультативным паразитам и способен заражать только ослабленные растения.

Заболевание эпифитотайного характера распространения и в годы, благоприятствующие его развитию, поражает цветки, листья, молодые побеги, плоды. Поражаемые органы буреют, покрываясь налетом серого цвета. Зараженные серой гнилью цветки полностью, засыхают.

Botrytis cinerea — гриб, который может повреждать большой диапазон плодов и овощей. На плодах киви, *Botrytis cinerea* не повреждает здоровые ткани, но быстро колонизирует поврежденные, стареющие или мертвые ткани растения. Такие как: части отцветших цветов (лепестки, чашелистики и др.), повреждения на стеблях, зеленые листья с пятнами отмершей ткани или поврежденные, отмершие листья, и иногда поврежденные или упавшие плоды. Все вышеперечисленные части растения могут служить источниками заражения в последующем.

Botrytis cinerea также может служить причиной поражения плодов при хранении. Заражение происходит во время или сразу после сбора урожая. Гниль начинает развиваться у основания плода, там, где ранее крепилась цветоножка, развивается эта гниль при хранении в холодильнике при температуре 0°C, затем поражение распространяется на весь плод. Вторичное заражение происходит тогда, когда грибок распространяется от одного гнилого плода до смежного с ним плода в специальной корзине для хранения плодов киви. Внутри под кожицей пораженный плод прозрачный и пропитанный водой. Заканчивается поражение полным разложением тканей плода.

Зиму *Botrytis cinerea* переживает в виде бездействующего мицелия или маленького, твердого, черного склероция. Весной, происходит прорастание, затем образуются конидии (беспольные споры), которые рассеиваются ветром. В течение сельскохозяйственного сезона заражение может происходить при подрезке растений киви у земли или из других источников. К листопаду осенью *Botrytis cinerea* значительно увеличивает количество спор до 9600 миллионов, которые попадают в почву с мертвыми и умирающими частями цветков и растений. Подобное увеличение количества спор может происходить на мужских растениях киви перед опылением женских растений. В середине сельскохозяйственного сезона *Botrytis cinerea* находится на стареющих лепестках около плода и в повреждениях. Во время отбора прививочного материала, зеленые листья с некрозами и мертвые листья — первичный источник заражения *Botrytis cinerea* прививочного материала. Исследования показали, что опущенные плоды киви — естественная западня для спор. И тысячи спор *Botrytis cinerea* были найдены на поверхности плода. Во время сбора урожая, споры на поверхности кожицы заражают место отрыва плода от ветки, что приводит к сгниванию плодов при хранении в дальнейшем.

Для прорастания споры, инфицирования, роста и спороношения *Botrytis cinerea* необходима влажность. Оптимальная температура для развития приблизительно 18 °C. Распространение *Botrytis cinerea* всегда ограничивает один из следующих факторов: аэрация или солнечный свет. По этой причине плод, который выращивают при плотном навесе листвы, более вероятно будет поражен *Botrytis cinerea*, чем тот который выращивают под навесом листвы с хорошим проникновением солнечного света. Плод, который выращен на участках с высоким содержанием спор, будет иметь больше шансов к развитию *Botrytis cinerea* при хранении. Доступ солнечного света и хорошая аэрация на плантации, а также хорошая гигиена — удаление источников спор *Botrytis cinerea*, вроде зараженных обрезков ветвей,

все это верный путь к сокращению риска заболевания растений и плодов *Botrytis cinerea* на плантации. [5, с. 107]

Белая гниль, возбудителем которого является гриб *Sclerotinia sclerotiorum*. Загнивают цветки, листья, побеги, плоды. На них образуется обильная ватообразная грибница. Во влажную погоду на поверхности конденсируются капельки воды. На грибнице быстро формируются черные склероции неправильной формы, от 0,6 до 3—4 мм в диаметре, внутренняя ткань белая. Распространяется возбудитель мицелием и склероциями. Проникая через пораженные участки ткани растений, гриб вызывает первичное инфицирование. Склероции сохраняются в почве длительный период, служа источником инфекции. Способствуют развитию болезни температура 15—18 °С и высокая влажность воздуха (95—98 %).

Гриб, *Sclerotinia sclerotiorum*, инфицирует цветы растений киви во время цветения. Он служит причиной серьезных потерь плодов киви. Более чем 400 разновидностей растений могут поражаться *Sclerotinia sclerotiorum*.

Имеются три отличных друг от друга стадии болезни. Первая стадия, *Sclerotinia sclerotiorum* заражение мужских цветов. Иногда можно видеть белый мицелий на гниющих цветках мужских растений. Вторая стадия, заражение женских растений в течение, или сразу после, опадения лепестков цветов. Развитие зараженного цветка происходит следующим образом: не завязавшийся плод и его цветоножка быстро сгнивают и приобретают светло-коричневый оттенок. Не завязавшийся плод обычно высушивается и остается прикрепленным к стеблю лианы в течение нескольких недель или месяцев.

Третья стадия, это загнивание плодов на лиане, которое может происходить в течение сентября, октября и ноября. Гниль первоначально появляется как маленькое бледное зеленое, мягкое повреждение на поверхности плода, довольно часто эта часть плода примыкает к частям цветка. При постоянно влажных условиях гниль будет прогрессировать, и увеличивать повреждение плодов. Изменение условий окружающей среды или естественных механизмов защиты растения, может останавливать развитие гнили. В этом случае на поверхности плодов образуются рубцы. Рубцы бывают маленькие (3—4 мм шириной и до 1 см длиной) и большие (1 см шириной и до 2—4 см длиной).

Зимой *Sclerotinia sclerotiorum* сохраняются в почве как специальные структуры — склероции. Склероции — твердые, черные тела, которые формируются на инфицированных цветах и гнилых плодах. Весной склероции прорастают в крошечные грибы,

называемые апотециями, на апотециях образуются споры (аскоспоры). Аскоспоры первичный источник заражения *Sclerotinia sclerotiorum*. Споры существуют с конца октября до начала мая, хотя число аскоспор колеблется изо дня в день. Аскоспоры попадают на лепестки цветков и если условия благоприятны (тепло и высокая влажность), произойдет заражение. Осенью цикл начинается снова.

Теплая, влажная погода способствует распространению инфекции во время роста и развития растений, особенно в период цветения растений. Аскоспоры *Sclerotinia sclerotiorum* непосредственно не могут инфицировать здоровые зеленые ткани, но с легкостью инфицирует поврежденные или стареющие ткани, вроде опадающих лепестков цветов или тычинок. Как только гриб укореняется в этой ткани, он становится способен проникать и инфицировать здоровую ткань.

Список литературы:

1. Кутубидзе В. В., Сарджвеладзе Г. П. Актинидия — перспективная культура для советских субтропиков // Субтропические культуры.— 1988. —№ 5. С. 1—3
2. Мкервали В. Г., Чануквадзе Г. Н., Гоголишвили З. А. Болезни цитрусовых в условиях питомника // Субтропические культуры. —1971.—№ 5. С. 126—127
3. Мкервали В. Г. Болезни цитрусовых. // Субтропические культуры. — 1989.—№ 5. С. 99
4. Хохряков М. К., Доброзракова Т. Л., Степанов К. М., Летова М. Ф. Определитель болезней растений. СПб, М., Краснодар, 2003, 593 с.
5. Чануквадзе А. Ш., Саникидзе И. С., Рамишвили Г. Г. К вопросу морозостойкости актинидии //Субтропические культуры. — 1989. —№ 5. С. 107
6. Ченкин А. Ф. Методика организации учета вредных организмов. М., 1993, 65 с.

СОДЕРЖАНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МОЛОКЕ, ПОЛУЧАЕМОГО НА ТЕРРИТОРИИ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Коржумбаева Акку Таукеловна

магистрант, КарГУ, г. Караганда, Казахстан

E-mail: akku.k.a.t.kz@mail.ru

Высокое качество и безопасность продуктов питания является в настоящее время одной из существенных предпосылок сохранения продовольственной независимости Казахстана и важнейшей задачей государственной политики в области здорового питания.

Уровень контаминантов в пищевом сырье за последние пять лет увеличился почти в пять раз. Токсичные элементы обнаруживаются в 90 % исследуемых продуктов питания. В данных условиях возникла необходимость расширения и углубления представлений о возможных путях загрязнения продовольственного сырья, технологических приемах переработки, позволяющих снизить вредное воздействие [2].

Качество молочных продуктов во многом зависит от экологических условий получения молока. Активная антропогенная деятельность способствует загрязнению природной среды вредными ингредиентами, достигшими критических уровней в большинстве промышленных центров [4]. Распространенность тяжелых металлов в окружающей среде в связи с их неблагоприятным влиянием на организм является актуальной проблемой, прежде всего для регионов повышенного техногенного загрязнения, к которым принадлежит и Карагандинская область [5].

В результате повышенной техногенной нагрузки на экологию агросистемы формируются неоаномалии с избыточным содержанием высокотоксичных веществ (свинца, кадмия, селена, мышьяка, ртути и др.). Эти данные освещены в работах В. А. Молоканова (1990), А. И. Сердюк (1991), Г. П. Грибовского (1996), М. И. Рабиновича (1998), А. Р. Таировой (2000), И. А. Лыкасовой (2000), И. А. Шкуратовой (2001) [4].

Негативное влияние экологического фактора приводит к нарушениям обмена веществ у животных, что, как правило, сопровождается снижением продуктивности, ухудшением качества молока, эндемическими болезнями. Исследованиями последних лет установлена прямая связь между поступлением тяжелых металлов с кормами и водой и их содержанием в получаемом молоке. В результате в молочном сырье накапливаются крайне нежелательные микроэлементы. К тяжелым металлам относятся химические элементы

с относительной плотностью более 5 г/см^3 . Таких элементов более сорока. К наиболее опасным из них относятся ртуть, свинец, кадмий, кобальт, никель, цинк, олово, сурьма, медь, молибден, ванадий, мышьяк. Попадают металлы в биосферу при высокотемпературных технологических процессах (металлургии, сжигании топлива, обжиге цемента и др.) в виде газов, и аэрозолей (возгонка металлов), пылевидных частиц и жидком виде (технологические сточные воды). Они способны мигрировать в окружающей среде и попадать в растения. В глобальных масштабах происходит процесс, называемый сегодня «металлическим прессом на биосферу» [1].

Загрязнение окружающей среды может нанести вред организму человека или других обитателей нашей планеты различными путями, один из них — через продукты питания. Поэтому как исходные продукты, так и готовые продукты питания должны подвергнуться анализу на содержание вредных веществ, чтобы качество этих продуктов не вызывало сомнений.

Целью работы явилось выявление солей тяжелых металлов в молоке некоторых районов, расположенных вблизи промышленных предприятия.

В связи с вышеизложенным, были отобраны пробы молока в трех районах Карагандинской области.

Металлы в пробах из молока определялись на атомно-абсорбционном спектрометре [3].

Все данные были обработаны статистический с расчетом математического ожидания (М), дисперсии (Д), среднеквадратического отклонения и ошибки математического ожидания.

Концентрация тяжелых металлов в молоке приведены ниже в таблицах 1,2,3.

Таблица 1.

**Концентрация тяжелых металлов в молоке
Бухар-Жырауского р-на, мг/л**

Химические элементы	* ПДК	Содержание тяжелых металлов в молоке, мг/л
Zn	5	12,8±0,4
Cd	0,02	0,05±0,002
Pb	0,05	0,42±0,01
Cu	1	0,07±0,003
Mn	0,60	0,06±0,002
Hg	0,005	0,000066±0
Ni	0,23	0,007±0,0003
Fe	1,3	4,03±0,09

Таблица 2.

**Концентрация тяжелых металлов в молоке
Нуринаского р-на, мг/л**

Химические элементы	* ПДК	Содержание тяжелых металлов в молоке, мг/л
Zn	5	0,0012±0,003
Cd	0,02	0
Pb	0,05	0,06±0,007
Cu	1	0,04±0,004
Mn	0,60	0,14±0,005
Hg	0,005	0,00006±0
Ni	0,23	0
Fe	1,3	1,77±0,15

Таблица 3.

Концентрация тяжелых металлов в молоке Шетского р-на, мг/л

Химические элементы	* ПДК	Содержание тяжелых металлов в молоке, мг/л
Zn	5	1,77±0,15
Cd	0,02	0
Pb	0,05	0,05±0,006
Cu	1	0,05±0,005
Mn	0,60	0,22±0,009
Hg	0,005	0,00007±0
Ni	0,23	0
Fe	1,3	1,78±0,12

* *Примечание: ПДК для пищевых продуктов (молоко и молочные продукты)*

Из приведенных в таблице данных установлено, что содержание **Zn** в молоке Бухар-Жырауского района превышает ПДК в 2,5 раза, **Fe** в 3 раза, также наблюдается превышение концентрации **Pb**. Содержание солей тяжелых металлов в молоке Нуринаского и Шетского районов не превышают ПДК, за исключением **Fe** и **Pb**. Железа в молоке Нуринаского района содержится 1,77 ±0,15 мг/л, что на 0,47 мг/л больше предельно допустимой концентрации, в то время как в молоке Шетского района 1,78 ±0,12 мг/л, что на 0,48 мг/л превышает ПДК. Небольшое превышение содержания **Pb** в молоке Нуринаского района. Сравнительные данные по содержанию тяжелых металлов в молоке приведены на рисунке 1.

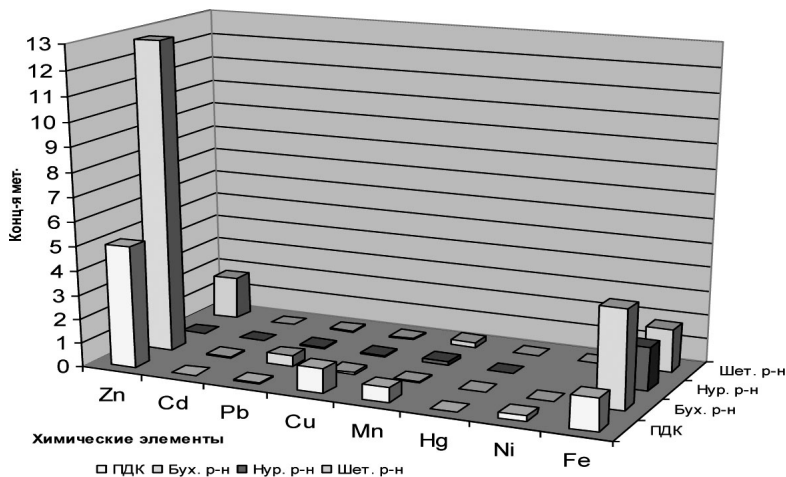


Рисунок 1. Сравнительные показатели содержания тяжелых металлов в молоке исследованных районов.

Список литературы:

1. Васильев А. В., Ратников А. Н., Алексахин Р. М. Закономерности перехода радионуклидов и тяжелых металлов в системе почва растение животное продукт животноводства // Химия в сельском хозяйстве. 1995. № 4. С. 16—18.
2. Гагарина Л. В. Качество молока и молочных продуктов в техногенной провинции Южного Урала. Выдержки из автореферата диссертации, Уральск, 2004.
3. Методические указания по спектральным методам определения микроэлементов в объектах окружающей среды и биоматериалах при гигиенических исследованиях/ под ред. Ф. Ф. Эрисмана. — М: Медицина, 1987. — 57 с.
4. Поляков А. Д., Логуа М. Т. Некоторые тяжелые металлы в компонентах агробиоценозов Крапивинского района Кемеровской области // Современные проблемы науки и образования. — 2006. — № 3 — С. 105—108. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.science-education.ru/11-367>
5. Пудов А. М., Мырзаханов Н. М. Накопление металлов в растениях в условиях открытых разработок марганцевосодержащих руд // Материалы межд. научной конф. Актуальные проблемы физиологии адаптации и санокреатологии биологических систем различного ранга: биология, физиология и биотехнология. Караганда, 2007. С. 98—102.

1.2. БОТАНИКА

МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЦВЕТИЯ *LOBULARIA MARITIMA* (L.) DESV

Березенко Екатерина Сергеевна

магистр биологии, аспирант, ЛНАУ, г. Луганск, Украина

E-mail: berezenko-ig@yandex.ru

Харченко Виктория Евгеньевна

канд. биол. наук, доцент, ЛНАУ, г. Луганск, Украина

Черская Наталья Александровна

магистр биологии, аспирант, ЛНАУ, г. Луганск, Украина

Для семейства *Brassicaceae* характерны верхушечные кистевидные или щитковидные, обычно (или за редким исключением) безлистные соцветия [3].

Морфологический анализ растений на основании типологии, генезиса, дифференциального роста, физиологии, гомологии и филогении — это всё взаимодополняющие научные направления [8]. Гомологизация морфологических элементов растения может быть установлена на основании критериев выделенных Remy (1951) и филогенетического анализа происхождения таксона [7, 9, 10].

К семейству *Brassicaceae* принадлежит растение *Lobularia maritima* (L.) Desv., распространенное на Украине как декоративное, у которого в составе соцветий имеются прицветники. Так как у представителей семейства *Brassicaceae* прицветники чаще всего отсутствуют, их генезис у *L. maritima* не вполне ясен. Данной проблеме и были посвящены наши исследования.

Материалы и методы

Морфолого-анатомические особенности структуры соцветия *L. maritima* были изучены у растений, выращенных на опытном участке и в условиях лаборатории светокультуры Луганского НАУ. Проанализирована морфология и анатомия листьев на побегах в составе соцветий и за его пределами с использованием критериев А. Remy: по положению на побеге, по строению и наличию

переходных форм, проведены филогенетические сопоставления с близкородственными таксонами [7, 9, 10].

Постоянные микропрепараты для изучения анатомического строения апекса побега, листьев и прицветников были изготовлены по общепринятой методике [1].

Результаты исследований и их обсуждение.

Листорасположение на побегах *Lobularia maritima* очередное (угол расхождения между листьями соответствует $120^\circ (\pm 15)$). Листья в составе соцветий и за его пределами морфологически сходны: сидячие, цельнокрайние, ланцетовидные (рис. 2). Линейные размеры листьев сокращаются на побеге по направлению снизу вверх (рис. 1).

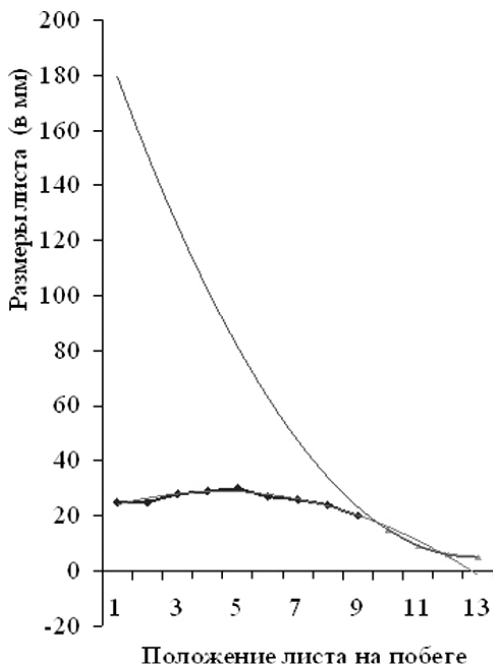


Рисунок 1. Динамика изменения линейных размеров листьев на побегах *Lobularia maritima* по направлению снизу вверх

Листья *L. maritima*, предшествовавшие на побеге соцветию, имеют более крупные размеры, чем в листья в составе соцветия (это подтверждается результатами дисперсионного анализа однофакторных

неравномерных комплексов ($p > 0,999$). Размеры листьев на побеге *L. maritima* изменяются в соответствии с полиномом третьей степени:

- по длине листьев: $y = 0,0106x^3 - 0,5443x^2 + 4,3831x + 19,522$, $R^2 = 0,98$,
- по ширине: $y = 0,0061x^3 - 0,1873x^2 + 1,3111x + 2,5425$, $R^2 = 0,93$.

Динамика изменения линейных размеров листьев в составе флоральной единицы и за её пределами подчиняется общей математической закономерности. Полиномы, характеризующие динамику изменения линейных размеров (длины, ширины) листьев и прицветников пересекаются в точке, соответствующей на побеге границе флоральной единицы, поэтому прогнозирование линейных размеров листьев по методу скользящей средней может использоваться как дополнительный критерий при гомологизации элементов побега и установлении на побеге границы флоральной единицы.

Листья на побегах *L. maritima* в составе соцветия и за его пределами располагаются на стебле поочерёдно (угол расхождения между ними составляет 120°), имеют сходную морфологию и изменяются по общей закономерности, следовательно, они могут быть гомологичными. Облиственность соцветий *Brassicaceae*, может варьировать под влиянием генотипа и условий среды от 0 до 17,2 %. Представителям *Brassicaceae*, распространённым на юго-востоке Украины, прицветники, чаще всего не свойственны. Поэтому можно предположить, что они были свойственны предковым формам *L. maritima*, но в ходе эволюции редуцировались. Таким образом, прицветники в составе флоральных единиц *L. maritima*, по-видимому, являются атавизмами.

Анатомическое строение листьев и прицветников сходное (рис. 2 В—Е). Эпидермис имеет многочисленные выросты в виде одноклеточных и многоклеточных линейных волосков — трихомов. Значительная часть основной ткани листовой пластинки приходится на долю мезофилла, имеющего большое количество хлоропластов в клетках.

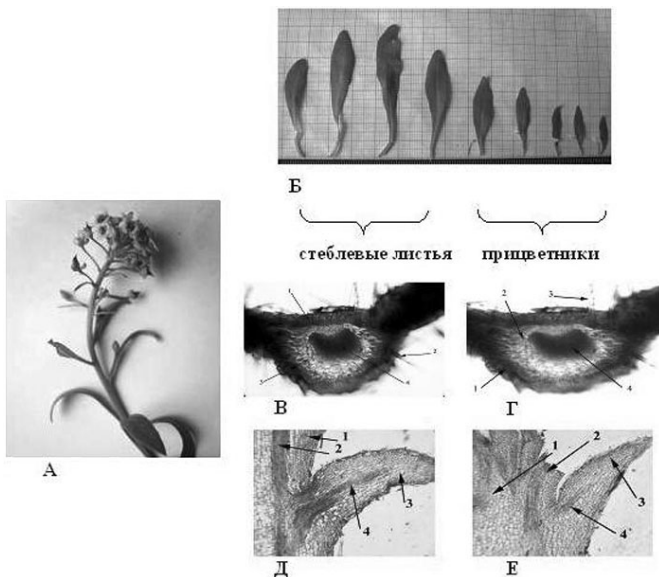


Рисунок 2 Стеблевые листья и прицветники у *Lobularia maritima* (L.) Desv

- A** — главный цветonoсный побег;
B — стеблевые листья и прицветники;
B — поперечный срез через основание листа: 1 — эпидермис, 2 — колленхима, 3 — трихома, 4 — проводящий пучок; **Г** — поперечный срез через основание прицветника: 1 — эпидермис, 2 — трихома, 3 — колленхима, 4 — проводящий пучок; **Д** — продольный срез листа; **Е** — продольный срез прилистника:
 1 — стебель, 2 — проводящий пучок стебля, 3 — лист (прилистник), проводящий пучок листа (прилистника).

Мезофилл листа представлен палисадной и губчатой паренхимой. Губчатая паренхима состоит из клеток разнообразной формы, зачастую неправильной. На поперечном срезе листа в районе средней жилки можно дифференцировать сосудисто-волокнистый пучок. Проводящий пучок относится к типу коллатерального, вокруг которого располагается обкладка, состоящая из клеток механической ткани — колленхимы.

У растений *L. maritima* на верхушке главного и боковых побегов развиваются частично облиственные кистевидные соцветия (рис. 2А, 3В). Развитие соцветия ограничено условиями окружающей среды. Чаще всего

в условиях юго-востока Украины длина соцветия составляет 35,6 ($\pm 40,4$ см), в его составе насчитывается 30,3 ($\pm 79,7$) цветков [6].

В ходе морфогенеза по мере формирования цветков на верхушке побега длина междоузлий увеличивается, и соцветие щиток трансформируется в соцветие кисть.

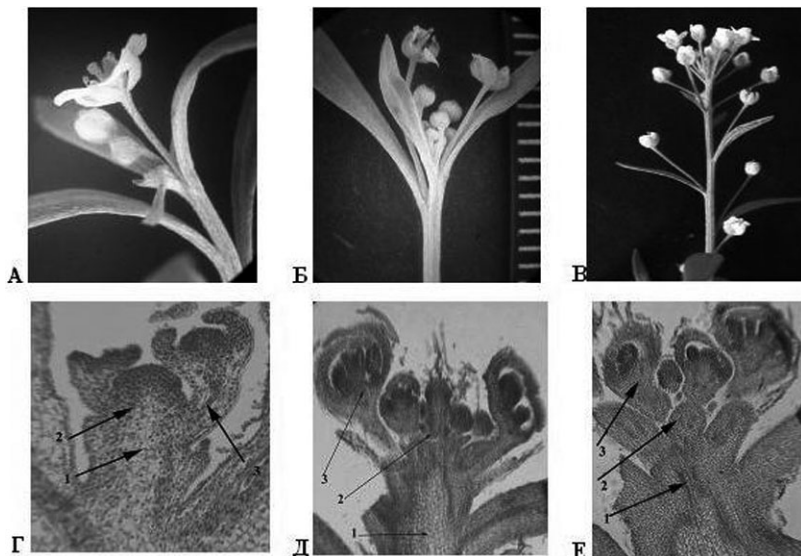


Рисунок 3. Соцветие *Lobularia maritima* (L.) Desv

***A* — одиночный цветок; *B* — соцветие — щиток;**

***B* — соцветие — кисть;**

***Г, Д, Е* — стадии развития соцветия (анатомические микропрепараты): *1* — стебель (ось соцветия), *2* — меристема соцветия, цветок**

Анатомические исследования верхушки флоральной единицы, расположенной на главном цветоносном побеге показали, что верхушечная меристема на протяжении продолжительного периода является активной и после закладки серии листовых примордиев, формирует цветочные зачатки, сконцентрированные на верхушке побега (рис. 3 — Г, Д).

При длительном воздействии высоких температур цветение временно прекращается, а затем при благоприятных условиях возобновляется. Окончательная остановка развития соцветия

обусловлена затуханием процессов метаболизма, которое проявляется в усыхании верхушки.

Выводы.

1. Листья на побегах *Lobularia maritima* в составе флоральных единиц и за их пределами имеют сходное морфолого-анатомическое строение.

2. Листья в составе флоральных единиц *L. maritima* — это прицветники, которые являются атавизмами.

3. Морфогенетический ряд соцветий может быть представлен следующим образом: одиночный цветок → соцветие щиток → соцветие кисть.

4. Ограничительным фактором для роста и развития соцветия являются условия окружающей среды, а именно, температура и влажность.

Список литературы:

1. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. — М.: Колос, 1980. — 304 с.
2. Соколов И. Д., Соколова Е. И., Наумов С. Ю., Мостовой О. А. Введение в биометрию: учебное пособие. — Луганск: Элтон-2, 2008. — 132 с.
3. Тахтаджян А. Л. Жизнь растений. — Т. 5. — Ч. 1. — М.: Просвещение, 1980. — 512 с.
4. Тимонин А. К. Роль морфологии в ботанике // Гомологии в ботанике: опыт и рефлексия. — СПб.: Санкт-Петербургский союз ученых. — 2001. — С. 10—18
5. Федоров А. А., Артюшенко З. Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Соцветие. — Л.: Наука, 1979. — 295 с.
6. Харченко В. Е., Березенко Е. С., Черская Н. А. Генезис прицветников у *Matthiola longipetala* (Vent.) DC. И *Lobularia maritima* (L.) Desv. (Brassicaceae) // Науковий Вісник Луганського НАУ. — Луганск: Элтон-2. — 2011. — № 26. — С. 60—67
7. Remane A. Das Problem des Typus in der morphologischen Biologie//Stud, Gener. — 1951. — Bd. 4. — S. 390 — 399.
8. Troll W. Die Infloreszenzen. Bd. 1. — Jena: Fischer Verlag, 1964. — 615 s.
9. Zimmermann W. Arbeitsweise der botanischen Phylogenetik und anderer Gruppierungswissenschaften. // Abderhalden E, ed. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. — 1931. — Abl. 3, 2, 9. — S. 941—1053.
10. Zimmermann W. Die Telomtheorie. Fortschritte der Ewolutionsforschung. Band. I. — Stuttgart: Fischer, 1965. — 379 S.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ НА ПРИМЕРЕ ВИДОВЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВ LAMIACEAE И ASTERACEAE В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ УРО РАН

Болотник Елизавета Витальевна

*аспирант, Учреждение Российской академии наук Ботанический сад
Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург*

Кошелева Елена Александровна

*мл. науч. сотр, Учреждение Российской академии наук Ботанический
сад Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург
E-mail: LizaVB@yandex.ru*

Введение

В современном мире остро стоит проблема сохранения растительного биоразнообразия в связи с большой антропогенной нагрузкой на окружающую среду. Важнейшими центрами, занимающимися решением данной проблемы, являются ботанические сады. При этом одним из приоритетных направлений их деятельности является интродукция, то есть введение в культуру растений местной флоры с целью сохранения их генофонда через культивирование [4].

В настоящее время наибольшее внимание уделяется разработке наиболее информативных методов исследования биоразнообразия, которые позволили расширить наши знания по вопросам популяционной биологии, морфологии, систематики, генетики и экологии. При изучении интродукционных популяций растений применяются самые различные методы: конструктивно-морфологический [1, 5], биохимический [6], кариологический [3, 2], эколого-физиологический [11] и различные их варианты. Как правило, абсолютное преобладание имеет первый из них, так как позволяет изучать качественные и количественные признаки и накапливать значительный статистический материал [7].

Одной из важнейших задач при изучении биоразнообразия является выделение диагностических признаков, которые характеризуют состояние растительного организма в определенный момент онтогенеза и в данных условиях произрастания.

В этой связи род *Prunella* L. семейства Губоцветные (Lamiaceae) и *Silybum marianum* (L.) Gaerth. семейства Сложноцветные (Asteraceae) являются удобными модельными объектами для изучения изменчивости морфологических признаков и перспективны для поиска

растений, сочетающих в себе декоративные, хозяйственно-значимые и лекарственные свойства.

Целью работы является выделение из комплекса морфометрических признаков наиболее информативно-значимых диагностических параметров видовых представителей рода *Prunella* L. *Prunella vulgaris* L., *Prunella grandiflora* L. и рода *Silybum Silybum marianum* (L.) Gaerth.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования были рассмотрены особи растений трех видов — *Prunella vulgaris* L. и *Prunella grandiflora* L. семейства Губоцветные (Lamiaceae), *Silybum marianum* (L.) Gaerth. семейства Сложноцветные (Asteraceae).

Видовые представители рода *Prunella* L. были собраны в естественных условиях произрастания и вегетативно высажены на территории Ботанического сада УрО РАН. Сбор проводился в 2010 г с 25 августа по 5 сентября. Листья с каждого растения собирались вручную, каждая особь проходила обязательный этап маркировки. Всего на первоначальном этапе исследования отобрано 20 листьев с каждого растения, по 80 листьев с каждого вида. Листья *Prunella vulgaris* L., *Prunella grandiflora* L. сканировались, после чего изображения импортировались в программу Simagis (Siams MesoPlant) и Corel DrawX3, где измерялись следующие параметры: общая площадь листа, периметр листа, длина листа, наибольшая ширина листа, фактор формы, средняя высота зубчиков, средняя ширина основания зубчиков, общая длина жилок в листе, общая длина жилок в расчете на единицу площади листа. В качестве материала исследования *Silybum marianum* (L.) Gaerth. использовались листья, собранные с растений 2 групп, отличающихся своим происхождением: группа 1 — сорт Дебют селекции Средне-Волжского филиала ВИЛАР, группа 2 — интродуцированные растения Ботанического сада УрО РАН. Для формального выражения внутривидовой дифференциации *Silybum marianum* (L.) Gaerth. оценивались следующие качественные и количественные признаки листьев: опушение листа, остистость, длина листа, ширина листа, угол наклона между основными жилками и др. При этом «опушение» - это качественный признак, который измерялся в баллах. Для оценки количественных признаков листья растений были сфотографированы, после чего изображения импортировались в программу CorelDraw v11.0, где и проводились измерения. Анализ проведен по 15 признакам и 8 последовательностям элементов признака вегетативной сферы. Общее количество измерений 10000 параметров у листьев *Silybum marianum* (L.) Gaerth.

Для формального выражения элементов признаков всех трех видов использовался алгоритм «Радикальный (интегральный) показатель системы сжатых отображений» (Рп ССО) [8, 10].

Результаты

На основе анализа с использованием Рп ССО для рода *Prunella* L. были выделены 8 групп листьев по признаку «длина» и «общая длина жилок в расчете на единицу площади листа» (рис. 1). Из рис. 1 видно, что полученные спектры по группам 1—4 (*Prunella vulgaris* L.) и 5—8 (*Prunella grandiflora* L.) имеют свою характерную локализацию частот значений Рп ССО. Наиболее близкими по количеству совпадающих частот в близких позициях являются группы 1—4 и 5—8, что соответствует разделению совокупности групп на два вида. Группа 1—4 имеет четкую локализацию частот в диапазоне 407 до 564; группа 5—8 имеет наиболее упорядоченную структуру частот от 415 до 563. Дальнейший анализ частот позволяет проследить динамику изменчивости, а именно сужение частотного пространства от 1 группы к 8 группе. В целом частоты всех групп располагаются в диапазоне от 407 до 564, что свидетельствует о принадлежности групп к одному роду *Prunella* L.

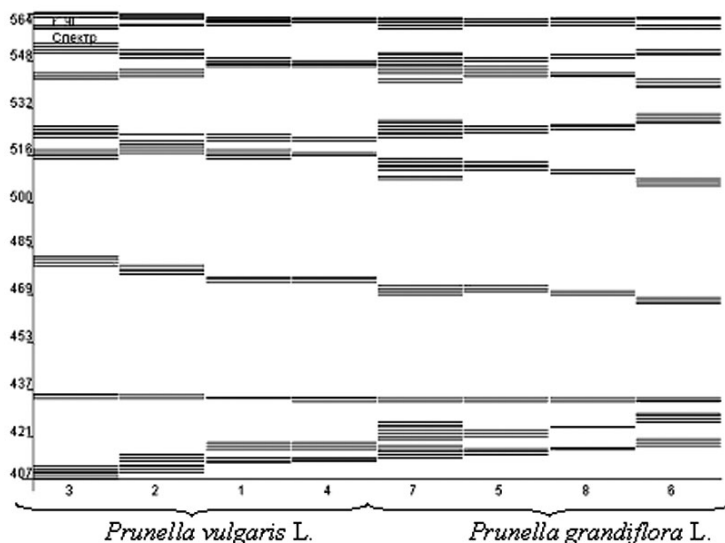
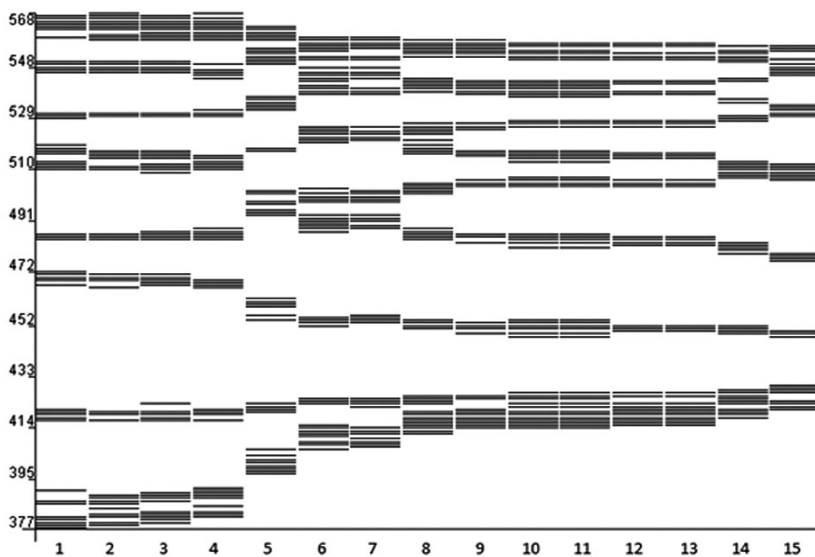


Рисунок 1. Частотное распределение формализованной совокупности признаков у групп листьев различных растений *Prunella vulgaris* L. и *Prunella grandiflora* L.: толщина линии — пропорциональна частоте встречаемости Рп ССО

На основе анализа Рп ССО *Silybum marianum* (L.) Gaerth. был выделен последовательный ряд морф в направлении изменчивости совокупности элементов признака [9] (рис. 2). Наиболее информативным в частотном распределении является переход (4—5) морф от сорта Дебют к растениям интродукции Ботанического сада УрО РАН по наиболее значимым признакам «угол наклона между основными жилками», «длина листа», а также качественный признак — «опушение».

Каждая из изученных групп *Silybum marianum* (L.) Gaerth. имеет определенное частотное распределение значений Рп ССО (рис. 2). Наиболее подвижные позиции частот наблюдаются в группе 1 и находятся в пределах от 375 до 572. В вариантах комбинации частот группы 2 вошло более сжатое частотное пространство с диапазоном 395—568 (максимальное распределение) и 414—550 (минимальное распределение).



**Рисунок 2. Динамика внутривидового полиморфизма по вегетативной системе *Silybum marianum* (L.) Gaerth.:
1—4 — группа 1; 5—15 — группа 2.**

Таким образом, выделенные совокупности групп листьев как для рода *Prunella* L., так и для *Silybum marianum* (L.) Gaerth. характеризуются комплексом частот, образующих разные частотные пространства: межвидовой дифференциации вегетативной сферы *Prunella vulgaris* L. и *Prunella grandiflora* L. и внутривидовой дифференциации *Silybum marianum* (L.) Gaerth.. Для дифференциации двух видов рода *Prunella* L. из 9 признаков были выделены наиболее значимые диагностические признаки: «длина листовой пластинки» и «общая длина жилок в расчете на единицу площади листа». Характер жилкования различается по двум видам рода *Prunella* L. и видимо является видоспецифичным. Для внутривидовой дифференциации *Silybum marianum* (L.) Gaerth. из 15 признаков основными диагностическими оказались «опущение листа», «угол наклона между основными жилками» и «длина листа».

На основе комплексной оценки листьев трех видов — *Prunella vulgaris* L., *Prunella grandiflora* L. и *Silybum marianum* (L.) Gaerth. с использованием алгоритма «Радикальный (интегральный) показатель системы сжатых отображений» были выделены наиболее информативные диагностические признаки, характеризующие структуру интродукционных популяций и позволяющие сделать вклад в видовую и внутривидовую систематику.

Список литературы:

1. Беклемишев В. Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных / В. Н. Беклемишев. 3-е изд. М.: Наука, 1964. Т. 1: Проморфология. — 433 с.
2. Буторина А. К. Соматическая редукция хромосом у сосны обыкновенной / А. К. Буторина, Ю. Н. Исаков, Л. С. Мурая // Цитология. — 1984. Т. 26, № 7. — С. 852—855.
3. Буторина А. К. Сравнительный цитогенетический анализ форм сосны обыкновенной разной смолопродуктивности / А. К. Буторина, А. А. Высоцкий, Л. С. Мурая // Генетика. 1982. — Т. 18, № 12. — С. 2019—2029.
4. Елисафенко Т. В. Оценка результатов интродукционной работы на примере редких видов Сибирской флоры // Растительный мир Азиатской России. 2009. № 2(4). — С. 89—95.
5. Корона В. В. Основы структурного анализа в морфологии растений. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1987. — 272 с.
6. Лобанова А. А., Будаева В. В., Сакович Г. В. Исследование биологически активных флавоноидов в экстрактах из растительного сырья // Химия растительного сырья. 2004. № 1. — С. 47—52.

7. Мамаев С. А., Махнев А. К. Изучение популяционной структуры древесных растений с помощью метода морфофизиологических маркеров // Фенетика популяций. М., 1982. — С. 140—150.
8. Неуймин С. И. Модель сжатия совокупности эпигенетических признаков растений в виде интегрального показателя / С. И. Неуймин, А. И. Монтиле, С. А. Шавнин // Электронный журн., «Математическая биология и биоинформатика». 2007. Т. 2. № 1. — С. 154 — 159.
9. Неуймин С. И. Периодическая система конструктивных элементов генеративной сферы житняка гребенчатого *Agropyron cristatum* (L.) Beauv. / С. И. Неуймин, С. К. Темирбекова, А. А. Филатенко // Вестник РАСХН. М., 2009. № 6. — С. 38 — 41.
10. Неуймин С. И. Система изменчивости пшеницы эфиопской (*Triticum aethiopicum* Jakubz.): автореф., дис. ... канд. биол. наук / С. И. Неуймин. Л., 1991. — С. 19.
11. Юмагулова Э. Р. Эколого—физиологические механизмы адаптации и типы стратегии растений верховых болот (в пределах Ханты-Мансийского автономного округа): автореф. дис. / Э. Р. Юмагулова, 2007. — С. 22—23.

АНАЛИЗ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЦВЕТКОВ НА РАСТЕНИЯХ НА ОСНОВАНИИ ГОМОЛОГИЧНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ

Харченко Виктория Евгеньевна

*канд. биол. наук, доцент кафедры биологии растений, Луганский
национальный аграрный университет, г. Луганск, Украина
E-mail: viktoriakharchenko@rambler.ru*

Расположение цветков имеет важное адаптивное значение для *Angiospermae*, так как обуславливает эффективность воспроизведения растений [9]. На генеративных побегах растений может формироваться одиночный цветок или упорядоченное множество цветков — соцветие. В ходе длительной истории изучения расположения цветков на растениях, термин «соцветие», так и не получил чёткого определения. Это связано с тем, что расположение цветков на растениях, может изменяться в ходе морфогенеза и под влиянием взаимодействия генотипа с условиями среды. Для анализа расположения цветков на растениях, сформировалось несколько разноплановых подходов, которые не всегда охватывали одинаковый круг вопросов. В частности, К. Линней (1751), анализировал расположение цветков, J. D. Hooker (1858), A. W. Eichler (1875), K. Goebel (1889) — **цветков и цветоносных ветвей**, W. Troll (1934) — цветоносных осей [5, 10, 14, 16, 27, 28]. Это привело к разночтениям в трактовке терминов и проблемам в классификации соцветий. На недоработки основополагающих вопросов по определению принципов классификации и разграничения соцветия и вегетативной сферы указывали в своих работах многие морфологи: A. W. Eichler (1875), C. Nägeli (1855), J. Velonovsky (1910), H. W. Rickett (1944), F. Schroeder (1987), H. *Gaussen* (1952), H.-J. Maresquelle (1964), Y. Sell (1964), Т. В. Кузнецова (1991) и др. [3, 13, 14, 19, 21, 23, 26, 29]. В частности H. W. Rickett, отмечал, что в терминах и понятиях морфологии соцветий существует беспорядок, который не может быть решён по принципу приоритета, однако в процессе обсуждения терминологии могут быть выявлены проблемы, которые ранее не были обозначены и нуждаются в исследовании [24].

При анализе расположения цветков у растений, по мнению J. Roepert (1826), G. Bentman, J. D. Hooker (1918), W. Troll (1964) и др. принципиальное значение имеет верхушечный цветок [12, 25, 27]. Согласно современным представлениям, к анализу расположения цветков на растениях, сформулированных в работах H. *Gaussen*, H.-J. Maresquelle, Y. Sell, Т. В. Кузнецовой, на побеге формируется флоральная единица,

которая может быть представлена одиночным цветком или соцветием (простым, сложным, составным), в зависимости от взаимодействия генотипа с условиями среды [4, 15, 19]. Таким образом, одиночный цветок на верхушке побега может представлять собой и самостоятельную флоральную единицу и её часть.

Тело растения имеет модульную организацию, а его нарастание происходит в течение всей жизни, с чередующимися циклами роста и покоя [17]. Это приводит к образованию гомологичных морфологических блоков. При морфологическом описании растения, согласно работам С. В. Мейена (1978), начальной задачей является расчленение его на мероны (произвольно выделенные части растения — модули), а второй — реконструкция из полученных меронов исходного образа [7, 20]. Одну и ту же систему можно расчленить на элементы бесконечным количеством способов и сформулировать бесконечное количество алгоритмов сборки. Проблема состоит в том, чтобы расчленить тело растения на возможно более естественные части с точки зрения природы растительного организма и найти правила композиции, отражающие природные процессы формирования из этих элементов целостной системы [3]. Процесс выделения модулей в пределах одного организма можно расценивать как процедуру сериальной гомологизации [1].

Для компьютерного моделирования развития растений в работах А. Lindenmayer, Р. Prusinkiewicz была использована теория фракталов Б. Мандельброта [6, 18, 22]. Однако структуры компьютерных моделей растения и реальных растений не всегда идентичны. Это связано, с тем, что морфологические блоки, выделенные на растении не всегда гомологичные, а реальное развитие растений может быть смоделировано только на основе гомологичных морфологических блоков (модуль) [7]. Морфологические блоки, выделенные на растении, естественны в том случае если, подобно фракталам, обладают свойствами самовоспроизводящихся структур, то есть в процессе развития растения воспроизводятся на нём с уменьшением масштабов. Применение к растениям системы модулей состоящими из гомологичных элементов позволяет избежать излишней детализации и произвольных трактовок составляющих элементов, которые затрудняют анализ расположения цветков на растениях. По мнению С. В. Мейена, если понимать под гомологизацией классификацию частей (компонентов, элементов, модулей, меронов), то анализ модулей в качестве конструктивных частей тела растений расширяет возможности сравнительной морфологии [5]. Сравнение модулей разного иерархического уровня позволяет выявить конструктивные

особенности органов растений в филогенетически далеких таксонах, понять механизмы возникновения конвергенций и параллелизмов [8]. В связи с этим, на основании поэтапных сопоставления онтогенеза (морфогенеза) растений по филогенетической линии могут быть выявлены модусы трансформации морфологических блоков и составляющих их элементов

В основе морфологии растений и кибернетики находятся сходные принципы. В частности фундаментальным понятием кибернетики, W. R. Ashby (1956) считал, понятие различия, то есть различимы два объекта по существу, либо один объект изменяется во времени [10]. Это так же справедливо и для морфологии растений. Во-первых, потому, что метамерия растений иерархична и представляет собой систему соподчиненных метамеров разного иерархического уровня [1]. Во-вторых, потому, что побеги растений обладают свойствами самовоспроизводящихся структур, то есть со временем, в процессе развития растения, воспроизводятся на нём с уменьшением масштабов подобно фракталам.

Все элементы растения могут изменяться или редуцироваться согласовано и независимо от других [31]. Поэтому вариантов трансформации структуры побегов может быть бесконечное множество, следовательно, целесообразно установить не столько все возможные варианты расположения элементов побегов, сколько определить модусы их преобразования и возможные ретроспективы в пределах изучаемого таксона или территории.

Учитывая, что у растений наблюдается смена фаз развития их можно рассматривать как динамичную структуру, которая претерпевает изменения поэтапно — подобно фракталу. Системы воспроизведения модулей на растении подвержены влиянию факторов внутреннего и внешнего происхождения, следовательно, их состав и структура могут варьировать. Граница между разными морфологическими блоками может быть установлена на основании сопоставления растений на разных фазах морфогенеза (до и после перехода к цветению). Поэтому морфологический анализ расположения цветков на растении целесообразно проводить поэтапно.

В связи с тем, что в ряде случаев трактовка терминов для описания расположения цветков на растениях может быть спорной, для обозначения выделенных на растении морфологических блоков (модулей) целесообразно использовать минонимы, как это было предложено Т. В. Кузнецовой: флоральная единица — ФЕ [4].

При модульном анализе расположения цветков всё растение расценивается как общее множество — булеан, в составе которого

имеются соподчинённые подмножества. Под влиянием факторов внутреннего и внешнего происхождения состав множеств и подмножеств может варьировать ($[1; +\infty)$). Таким образом, побег растения можно представить в виде нескольких нечётких множеств (обобщённых в смысле Гогена) [30]. При переходе к цветению на побеге развивается флоральная единица которая может быть представлена одним цветком или множеством цветков — соцветием. Под влиянием факторов различного происхождения число цветков в составе флоральной единицы может варьировать. В контексте термина «соцветие» предполагает наличие нескольких цветков, но по ряду причин, они могут остаться недоразвитыми, а в случае если сформируется только один цветок, использование термина «соцветие» становится не вполне корректным. Под «флоральной единицей» равнозначно можно понимать: один цветок, простое, сложное или составное соцветие. Поэтому термин «флоральная единица» предпочтительней чем «соцветие», а при разграничении растения на модули он может расцениваться как элементарный модуль (*Modulus elementarius* — *ME*). При поэтапном морфологическом анализе структура и состав морфологического блока другого уровня не имеет значения. Флоральная единица (*ME*) является соподчинённым ему элементом побега, и может быть охарактеризована как исходный модуль (*Modulus initialis* — *MI*). Соцветия состоят из метамеров, которые могут образовывать дублирующиеся блоки — модули метамеров (*Modulus metamus* — *MM*). Таким образом, побег (*MI*) можно рассматривать как исходное множество, в составе которого имеется подмножество — флоральная единица (*ME*), состоящая из подмножеств — метамеров соцветия (*MM*).

На начальном этапе морфологического анализа расположения цветков на растении представляется целесообразным определение структуры и состава побегов (*MI*) главного и боковых, а затем границы флоральной единицы (*ME*). В связи с тем, что при поэтапном морфологическом анализе структура и состав морфологического блока (модуля) другого уровня не имеет значения на этапе анализа состава и расположения побегов (*MI*) структура и состав флоральных единиц (*ME*) безразличны.

Побеги (*MI*) растения имеют разный уровень соподчинения, который обусловлен физиологически. Всё растение можно охарактеризовать как общий побег (*communis* — *cMI*), на котором имеется главный (*primarialis* — *pMI*) и боковые (*lateralis* — *lMI*), которые в зависимости от уровня ветвления могут быть первого порядка (*1-lMI*), второго (*2-lMI*) и т. д. (рис. 1).

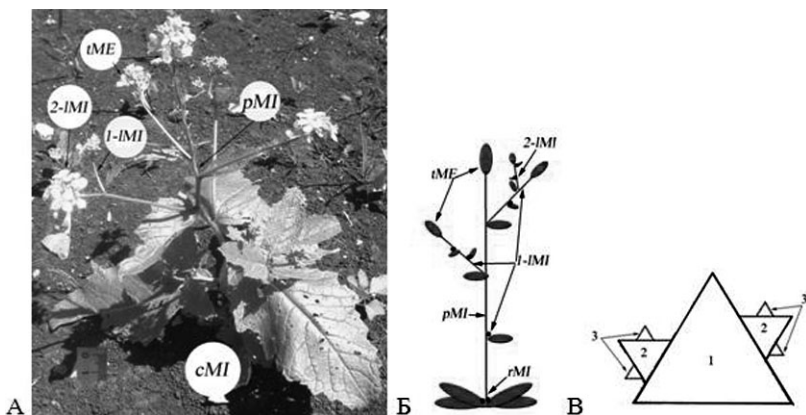






Рисунок 1. Модульный анализ расположения цветков на растении *Sinapis arvensis*

A — *cMI* — общий побег *S. arvensis*: *pMI* — главный побег, *1-IMI* — боковые побеги первого порядка (*1-IMI*), *2-IMI* — боковые побеги второго порядка, *tME* — соцветие на верхушке побега; *Б* — схема растения: *pMI* — главный побег, *1-IMI* — боковые побеги первого порядка (*1-IMI*), *2-IMI* — боковые побеги второго порядка, *tME* — соцветие на верхушке побега, *1-rMI* — зачаток розеточного побега, *В* — схема фрактального треугольника построенного по принципу ветвления побега *S. arvensis*: *1* — главный побег (*pMI*), *2* — боковой побег (*1-IMI*), *3* — боковой побег второго порядка (*2-IMI*). Схематические обозначения:  — лист,  — флоральная единица (*ME*),  — зачаток бокового побега (*IMI*),  — исходный модуль (*MI*);

В случае, когда часть листьев побега собрана в прикорневую розетку, боковые побеги, которые развиваются из их пазухи, могут быть охарактеризованы как розеточные (*rosulata* — *rMI*), так как это указывает на неравномерное развитие междуузлий, что является существенным признаком, при описании структуры побега.

В состав побега (*MI*) *Sinapis arvensis* входят: лист, междуузлие и флоральная единица (*ME*) (рис.1 В). В пазухах листьев находятся зачатки таких же морфологических блоков (*IMI*), которые в зависимости от внешних условий могут развиваться в большей или меньшей степени. Структурная иерархия побега *Sinapis arvensis* (рис. 1 А) может быть проиллюстрирована при помощи фрактального треугольника (рис. 1 В).

Состав, расположение и модус воспроизведения модулей обусловлены внутренними факторами (генотипом), а уровень иерархии (ветвления) ограничен внешними факторами (условиями среды). Поэтому состав и структура метамеров побегов и соцветий могут варьировать. Пределы варьирования состава и структуры морфологических блоков могут быть установлены на основании сопоставления модификационной и мутационной изменчивости у филогенетически близких таксонов.

Так как клетки меристемы тотипотентны [11], а специализация побега обусловлена гормонально [2], флоральные единицы могут формироваться из меристемы разной локализации: апикальной (*Adoxa moschatellina* (*Adoxaceae*), *Erophila verna* (*Brassicaceae*), *Tulipa quercetorum* (*Liliaceae*), *Delphinium puniceum* (*Ranunculaceae*), *Lythrum salicaria* (*Lythraceae*), *Utricularia vulgaris* (*Lentibulariaceae*), *Althaea officinalis* (*Althaea officinalis*), *Plantago major* (*Plantaginaceae*) и др.), пазушной (*Hippuris vulgaris* (*Hippuridaceae*) и др.), вставочной (*Hippophae rhamnoides* L. (*Elaeagnaceae*)) и раневой (*Cornus mas* (*Cornaceae*)) — каулифлюя.

Цветки, листья и прилистники могут иметь разный генезис, то есть они могут принадлежать верхушечной флоральной единице или боковому побегу.

Боковые побеги закладываются в пазухах листьев, поэтому их расположение соответствует филлотаксису растения (рис. 2).

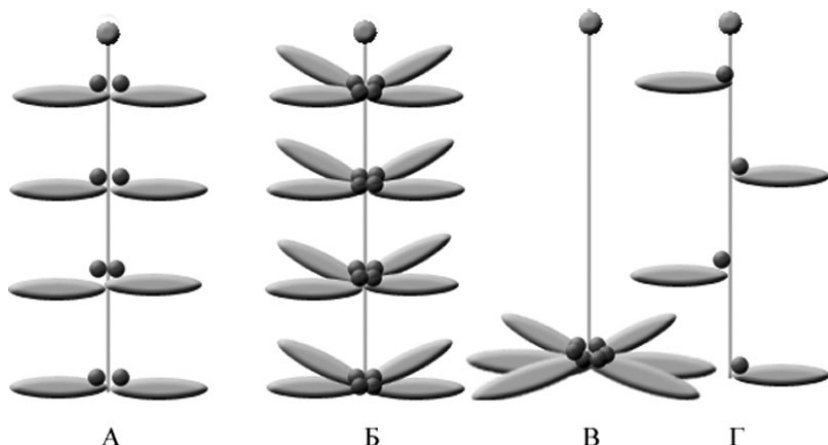





Рисунок 2. Схемы расположения на побегах зачатков флоральных единиц (МЕ) и боковых побегов, у растений с различным филлотаксисом

А — супротивное листорасположение (*Adoxa moschatellina* (*Adoxaceae*)),
 Б — мутовчатое листорасположение (*Utricularia vulgaris* (*Lentibulariaceae*)),
 В — розеточное листорасположение (*Erophila verna* (*Brassicaceae*)),
 Г — очередное листорасположение (*Matthiola longipetala* (*Brassicaceae*)); Схематические обозначения:  — лист;  — зачаток бокового побега;  — зачаток флоральной единицы (ME).

Листья дифференцируются из примордиев апикальной меристемы, поэтому пазушная меристема листьев — это остаток апикальной меристемы. Таким образом, участки пазушной меристемы закладываются по направлению сверху вниз и активизируются сходным образом (рис. 2). Флоральные единицы, чаще всего, занимают верхушечное положение на побегах. В их составе формируются прицветники в пазухах, которых образуются цветки или боковые оси соцветия, то есть боковые флоральные единицы. Изменение расположение прицветников в составе флоральной единицы, по сравнению с листорасположением побега, обусловленное переходом к цветению предполагает так же сходное изменение расположения цветков. В связи с тем, что элементы флоральной единицы (ME) формируются по направлению снизу вверх граница между флоральными единицами (ME) и боковыми побегами (IM) может быть установлена на основании сопоставления морфологических блоков растения до и после перехода к цветению.

После установления на побеге границ флоральной единицы целесообразно проанализировать расположения цветков её составе. Для характеристики структуры соцветия существенное значение имеют: интенсивность ветвления его осей, соотношение длины междоузлий и цветоножек и расположение цветков на оси соцветия. В зависимости от интенсивности ветвления оси соцветия подразделяют на простые (*simplex* — *sME*) и сложные (*compositus* — *cME*) [14]. У сложных соцветий от главной оси (*primaria* — *pME*), отходят боковые оси (*lateralis* — *lME*), на которых формируются боковые соцветия первого порядка (*1-lME*), второго порядка (*2-lME*) и т. д. Ветвление соцветий может быть однородным (*cME*) (например кисть из кистей) или разнородным (например, кисть из корзинок), в таком случае соцветие характеризуют как составное (агрегатное) (*aggregatae* — *aME*) (рис. 3).



Рисунок 3. Иерархия осей соцветия

***A* — простое соцветие (sME) *Sinapis arvensis* (Brassicaceae), *Б* — сложное соцветие (cME) *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae): pME — соцветие на главной оси — тирс (кисть), 1-IME — боковые соцветия — кисти; *В* — составное соцветие (aME) *Ambrosia trifida* (Asteraceae): pME — соцветие на главной оси — кисть, 1-IME — боковые соцветия 1-го порядка — корзинки.**

В связи с тем, что сходные морфологические признаки могут иметь разное происхождение, для установления их генезиса, целесообразно проведение сопоставлений гомологичных морфологических блоков растений у филогенетически близких таксонов.

При определении состава и границы соцветия на побеге целесообразно учитывать ритмологические особенности формирования цветков на верхушке растения и на боковых побегах, а так же генезис составляющих его элементов. В отличие от побега (*MI*) в состав, которого могут входить: стебель, листья, прилистники и флоральная единица (*ME*), в пазухах листьев соцветия формируются не боковые побеги, а цветки или соцветия. Состав побега и флоральной единицы может варьировать. Цветок в пазухе листа может быть: составным элементом облиственного соцветия, боковым побегом (состав которого редуцирован до одного цветка), элементом боковой оси сложного соцветия (недоразвитым на данном этапе морфогенеза). Таким образом, один и тот же морфологический элемент может иметь разное происхождение. Генезис признака определяет ретроспективу его преобразований в ходе эволюции

таксона, поэтому имеет принципиальное значение при морфологическом анализе растений.

Эволюционные преобразования (*аббревиация*, пролонгация, девиация и др.) могут быть направлены на преобразование модулей разного уровня иерархии растения: побега (*MI*), флоральной единицы (*ME*) или блоков метамеров флоральных единиц (*MM*). В частности, в ходе эволюции таксонов у одних растений может наблюдаться девиация расположения побегов (*MI*), положительная анаболия в составе флоральных единиц (*ME*) и отрицательная анаболия в составе метамеров соцветия (*MM*). Поэтому для установления эволюционных тенденций у таксонов целесообразно проводить филогенетические сопоставления поэтапно с учётом уровня иерархии морфологических блоков и стадий морфогенеза.

Список литературы:

1. Гатцук Л. Е. Растительный организм: опыт построения иерархической системы его структурно-биологических единиц // Современные подходы к описанию структуры растений. 2008. — С. 26 — 47.
2. Кине Ж.-М., Сакс Р., Бернье Ж. Физиология цветения Том 3. Развитие цветков. М.: 1991. — 445 с.
3. Корона В. В. Основы структурного анализа в морфологии растений. Свердловск: 1987. — 272 с.
4. Кузнецова Т. В. Морфология соцветий: современное состояние / Кузнецова Т. В. // ВИНТИ. Итоги науки и техники. Ботаника. Т. 12 Современные методы систематики высших растений. Морфология и экология репродуктивных органов цветковых растений. М.: 1991. — С. 51—124.
5. Линней К. Философия ботаники. М.: 1989. — 456 с.
6. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы М.: 2002. — 656 с.
7. Мейен С. В. Основные аспекты типологии организмов // Журнал общей биологии. 1978. Т. 39. № 4. — С. 495 — 508
8. Нотов А. А. Модульные организмы как объекты исследования в систематике и морфологии // Карл Линней в России. Философский век: альманах. СПб.: 2007. — С. 187 — 189.
9. Тахгаджян А. Л. Вопросы эволюционной морфологии растений/ Л., 1964. — 214 с.
10. Ashby W. R. An Introduction to Cybernetics. London: 1956. — 432 p.
11. Barlow P. W. Meristems, metamers and modules and the development of shoot and root systems // Bot. J. Linn. Soc. 1989. № 100. — P. 255 — 287.
12. Bentman G., Hooker J. D. The flowering plants and ferns Londini: L. Reeve and Co., LTD. 1918. — 584 p.

13. Cerceau-Larrival M.-T. H., Gaussen M. H. Morphologie des cotyledons d'Ombellifères II Comptes rendus hebdomadaires des seances de Tacademie des seances / 1957. T. 244. — № 5. — P. 650—660.
14. Eichler A. W. Bluetendiagramme 1. Leipzig: 1875. 345 p.
15. Gaussen H. L'evolution pseudocyclique // Année biologique 1952. Ser.3. T. 28. Fasc. 7 — 8. P. 207 — 225.
16. Goebel K. Blütenbildung und Sprossgestaltung (Anthokladien und Infloreszenzen) 2. Ergdnzungsband zur 'Organographie der Pflanzen'. Jena. 1931. — 270 p. Режим доступа: <http://www.archive.org/stream>
17. Jackson J. B. C., Coates A. G. Life cycles and evolution of clonal (modular) animals // Phil. Trans. R. Soc. London: 1986. — Ser. B.313. — P. 7 — 22.
18. Lindenmayer A., Prusinkiewicz P. Developmental models of multicellular organisms a computer graphics perspective // In C. Langton, editor, Artificial Life: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems held September, in Los Alamos, New Mexico, 1987. — P. 221—249.
19. Maresquelle H.-J., Sell Y. Les problemes physiologiques de la floraison descendante // Bull, de la Societe franais de la physiologie vegetale. 1965. № 11(1). — P. 94 — 98.
20. Meyen S. V. Plant morphology in its nomothetical aspects // Bot. Rev. 1973. — Vol. 39. № 3. — P. 205 — 260.
21. Nägeli C., Cramer C. Pflanzenphysiologische Untersuchungen Heft. Zürich. 1855. V1. —120 p.
22. Prusinkiewicz P., Erasmus Y., Lane B., Hareder L. D., Coen E. Evolution and development of inflorescence architectures // Science. 2007. V. 316. no.5830 — P. 1452—1456.
23. Rickett H. W. Inflorescence of Philadelphus // Amer. Midl. Nat. 1944. № 31. — P. 759—762.
24. Rickett H. W. Materials for dictionary of botanical terms — III Inflorescence // Bulletin of the Torrey Botanical Club., 1955. — V.82(6). — P. 419— 445.
25. Roeper J. Observations aliquot in florum inflorescentiarum que naturam // Linnaea 1. 1826. — P. 433 — 466.
26. Schroeder F. G. Infloreszenzen, Synfloreszenzen und Moduln. Eine terminologische Beitrag zur Infloreszenzmorphologie // Ibid. 1987. — Bd. 108. — Hf. 2/3. — S. 449—471.
27. Troll W. Die Infloreszenzen Bd. 1. Jena, 1964. — 615 s.
28. Troll W. Die Infloreszenzen Bd. 2 Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1969. —630 s.
29. Velonovsky J. Vergleichende Morphologie der Pflanzen // III Teil. Prag; Rivnac. 1910. — S. 733— 1211
30. Zadeh L. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. v.13 (8). — P. 338—353.
31. Zimmermann W. Strenge Objekt Subjekt—Scheidung als Voraussetzung wissenschaftlicher Biologie// Annalen der Philosophie. 1937. № 15. — P. 1—44.

1.3. ГЕНЕТИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕННО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ НА ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ

Корнилова Анна Александровна

*магистр биологии, старший преподаватель, СКГУ им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск*

E-mail: kornilovaanna@mail.ru

Хомуленко Наталья Александровна

*магистр биологии, ассистент, СКГУ им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск*

Назарова Татьяна Владимировна

*магистр географии, преподаватель, СКГУ им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск*

Продовольственная проблема является одной из важнейших проблем человечества. По прогнозам ЮНЕСКО, к 2050 г. численность населения в мире приблизится к 10 млрд. человек, что потребует резкого увеличения объемов производства продуктов питания и других товаров широкого потребления. В течение последних 20 лет человечество потеряло свыше 15 % плодородного почвенного слоя. Большая часть пригодных к возделыванию земель уже вовлечена в сельскохозяйственное производство. Каждую неделю население нашей планеты увеличивается на 1,2 млн. человек, при этом темпы производства продукции все больше отстают от темпов роста населения. Уже сейчас дефицит пищевых продуктов в мире превышает 60 млн. тонн, а общая цифра голодающих приближается к 1 млрд. человек [2, с. 86].

В связи со сложившейся ситуацией в мире широко распространены ГМО. Генетически модифицированный организм, ГМО (Genetically modulated organisms, GMO) — живой организм, генотип которого был искусственно изменён при помощи методов геной инженерии с целью придания ему желаемых свойств. Цель получения генетически измененных организмов — улучшение

полезных характеристик исходного организма — донора (устойчивость к вредителям, морозостойкость, урожайность, калорийность и другие) для снижения себестоимости продуктов [3, с. 158].

Таким образом, современная стратегия производства пищевых продуктов должна быть направлена на поиск выхода из продовольственного кризиса в кратчайшие сроки. Возникла необходимость в применении принципиально новых подходов к созданию высокопродуктивных агросистем обеспечивающих значительное повышение урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности скота [1, с. 24].

Генетически модифицированные организмы (ГМО) получают с использованием специальных молекулярно-биологических техник, которые часто называют «современной биотехнологией», или «генной технологией», а иногда — называют «рекомбинантной ДНК-технологией» либо «генетической инженерией» [4, с. 76].

Для выявления общественного мнения об употреблении генно-модифицированных продуктов питания была разработана анкета для населения СКО. Целью опроса был анализ поведения потребителей на рынках пищевых продуктов с точки зрения оценки их уровня информированности о ГМО и учета ими маркировки продуктов при выборе стратегии поведения. Анкетирование проводилось анонимно, респонденты заполняли анкету самостоятельно. Было опрошено 58 человек, из них 16,9 % мужчин и 83 % женщин, возраст студентов принимавших участие в данном анкетировании от 17 до 23 лет, возраст взрослых — от 22 до 57 лет.

Среди опрошенных жителей СКО 45,76 % респондентов имеют представление о генетически модифицированных организмах. 82 % ответивших не знают о законах относительно ГМО. Такие цифры свидетельствуют о том, что люди в недостаточной мере проинформированы о законодательстве относительно ГМО. 35 % респондентов базировали свои знания о наличии генетически модифицированных организмов в данных категориях продуктов питания на основе полученной информации из СМИ, телевидение является источником получения информации о ГМО для 26,7 % — но телевидение и СМИ часто выдают необъективную информацию касающиеся ГМО, что способствует формированию неправильного мнения.

В литературных источниках довольно много материала о влиянии ГМП на организм. И нередко выводы противоречат друг другу. Мы изучили возможное влияние на организм ГМП и для опровержения

или подтверждения данной информации была проведена опытно-экспериментальная работа.

В эксперименте проводилось исследование влияние генномодифицированных продуктов питания на морфолого-физиологические показатели крыс. Опыт проводился одновременно во всех четырех группах. В данном эксперименте использовались 8 крыс (альбиносы и серые) — 4 самца и 4 самки. Крысы для этого эксперимента подбирались одинакового возраста. Было проведено подразделение путем случайной выборки на 4 пары — 2 пары относились к контрольной группе и 2 пары относились к опытной группе. Содержались крысы в абсолютно одинаковых условиях: в одном помещении, в одинаковых по обустройству клетках, в одинаковых благоприятных и комфортных для самочувствия температурном режиме и световом режиме.

Суть данного эксперимента заключалось в использовании различных диет. Контрольная группа в качестве корма получала натуральные продукты питания (без ГМО и консервантов): морковь, зерно пшеницы, семена подсолнечника, семена кукурузы, зелень, хлеб, яблоки, огурцы, молоко, вареное мясо, гречневая и пшенная каши, картофельное пюре, картофель сырой, горох, вода свежая, вареное яйцо, печенье, листья капусты, творог. Рацион питания был сформирован с учетом правильного кормления декоративных крыс.

Опытная группа в качестве корма получала генномодифицированные продукты питания:

1. Вермишель быстрого приготовления «Ролтон». ООО «Маревен Фуд Сэнтрал».

2. Sprite. Безалкогольный газированный напиток «Sprite». ТОО СП «КОКА-КОЛА АЛМАТЫ БОТТ ПЕРС».

3. Безалкогольный газированный напиток «Coca-cola». ТОО СП «КОКА-КОЛА АЛМАТЫ БОТТ ПЕРС».

4. Чипсы из натурального картофеля Lay's. ООО «Фрито Лей Мануфактуринг».

5. Готовый завтрак Kellogg's®. Шоколадные шарики «COCO-PON S®». ОАО «ЮНАЙТЕД БЕЙКЕРС — Псков» (Россия).

6. Хрустящие кукурузные колечки с цельными злаками «Хрутка Nestle^R». ООО «Сириал Партнерс».

7. Йогурт «Danon», ТОО «Danone».

8. Шоколадный батончик «Kit-Kat», компания-производитель Hershey's.

9. Шоколадные батончики «Milky Way», «Twix», «Nestle», компания-производитель Mars.

10. Консервированная кукуруза «Бондюэль» (Венгрия).

11. Сосиски «К ужину», «Столовые». ОАО «Черкизовский МПЗ» (г. Москва).

Данный перечень продуктов был взят из списков ГМП Greenpeace, где указано названия предприятия и торговая марка данного продукта.

При анализе данных по опыту, целью, которого являлось выявления влияние ГМП на организм, можно сделать вывод — при сравнении прибавки в массе тела, проводимое до наступления беременности самок, самки из опытной группы на 5,3 % прибавили в живом весе больше по сравнению с контрольными самками. Самцы из опытной группы прибавили в массе тела на 10 % больше, чем контрольные самцы. При использовании статистического критерия U — Манна–Уитни было подтверждено, что различий в массе тела контрольной и опытной групп различий не наблюдалось на начальном этапе эксперимента и ГМП не оказывает влияние на организм. Самки во время беременности из опытной группы прибавили в среднем на 12,9 % в массе тела больше, чем контрольные самки. Также в опытной группе на 36 % родилось детенышей больше, чем в контрольной группе. Смертность детенышей составила 0 %. В данном случае это естественные показатели, характерные для крыс.

При сравнении массы тела на начальном этапе наблюдения за детенышами, можно утверждать, что средняя масса у опытных детенышей на 30,6 % меньше по сравнению с контрольной группой. Средняя масса одномесячных опытных детенышей на 30 % меньше, чем средняя масса контрольных детенышей. При сравнении статистических данных по длине тела, можно утверждать, что контрольная группа прибавила в длине тела на 12,2 % больше, чем опытная группа. При сравнении длины хвоста контрольная группа прибавила в длине хвоста по сравнению с первым измерением на 15 % больше, чем опытная. При первом измерении в контрольной группе на 15 % длина хвоста была больше, чем в опытной, разница в длине хвоста 30-дневных крысят также составила 15 %. После организации эксперимента при использовании статистических данных по массе, длине тела и хвоста детенышей по критерию U — Манна–Уитни было подтверждено, что данные признаки в опытной группы ниже, чем в контрольной. Можно сделать вывод, что это вызвано влиянием на данные показатели ГМП, т. к. по отношению к другим факторам воздействия они содержались в равных условиях. В общем можно сделать вывод, что ГМП не влияют на массу исходных животных, но

влияет на массу тела, длину тела и хвоста первого поколения, что подтверждено статистическим критерием.

Список литературы:

1. Дрейпера Д., Скотта Р., Армитиджа Ф., Уолдена Р. Генная инженерия растений. Лабораторное руководство. — М.: Мир, 1991. — 180 с.
2. Игнатъев И. П., Тромбицкий И. С., Лозан А. Л. Генетически модифицированные организмы и обеспечение биологической безопасности: учебное пособие. — М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2007. — 350 с.
3. Красовский О. А. Генетически модифицированная пища: возможности и риски // Человек. 2002. № 5 — С. 158—164.
4. Щелкунов С. Н. Генетическая инженерия. Ч. 1. Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 1994. — 304 с.

1.4. ЗООЛОГИЯ

ВЛИЯНИЕ *E. MARACANDICA* И *E. WILKINSI* НА ТЕМПЫ РОСТА КАПУСТЫ

Хамраев Аловиддин Шамсиддинович

*д-р биол. наук, профессор, Институт зоологии АН РУз,
г. Ташкент, Узбекистан
E-mail: zool_uz@uzsci.net*

Абдуллаев Икром Искандарович

*канд. хим. наук, доцент, Ургенчский государственный университет,
г. Ургенч, Узбекистан
E-mail: a_ikrom@mail.ru*

Ганджаева Лола Атаназаровна

*декан факультета Естествознания и географии, Ургенчский
государственный университет, г. Ургенч, Узбекистан
E-mail: tulipa_83@mail.ru*

При продолжительном питании клоп вызывает задержку в росте и развитии капусты.

Средняя длина краевых листьев ранней капусты за время опыта, т. е. с 4 июня по 9 августа 2007 года, была равна для контрольных растений под изолятором (контроль I) в среднем — 29,62 см, для контрольных растений, находившихся без изолятора (контроль II) — 26,21 см.

Результаты опытов показали, что степень отставания капусты в росте тесно связана со степенью зараженности растений вредителем и с фазой развития растений во время естественного налета клопа на капусту. Так, под изолятором растения в фазе листовой мутовки, зараженные по первому баллу, т. е. тремя клопами, дали длину за период опыта в среднем 25,42 см растения, зараженные по второму баллу, т. е. шестью клопами, дали длину в среднем 20,27 см, капуста, зараженная по третьему баллу, дала в среднем 20,13 и зараженная по четвертому баллу, т. е. двенадцатью клопами, дала в среднем 18 см.

Влияние изолятора оказалось равным в среднем 3,41 см разности цифр, характеризующих прирост растений под изоляторов и без изолятора. В течение опыта влияния изоляторов оказалось следующим

образом: растения под изолятором росли быстрее в силу повышенной влажности и затенения, вызываемых изоляторами. Развитие растения без изолятора, наоборот, замедлялось. Массовое кочанообразование растений, находившихся под изоляторами, началось на 2—3 дня позже, но было более дружными, чем у растений без изолятора [1, с. 415].

Средняя длина краевых листьев, с учетом влияния изолятора, у растений, зараженных по первому баллу, равнялась 22,01 см, для растений, зараженных по второму баллу — 17,56 см, для растений, зараженных по третьему баллу — 16,72 и четвертого — 14,59 см. Крайние варианты длины краевых листьев для первого балла — 18,85—32 см; для второго — 16—25 см; для третьего — 16—26 см; для четвертого балла — 14—22 см.

Для ранней капусты, зараженной *E.marascandica* по первому баллу, отставание в росте за период опыта от 4 июня по 9 августа, в среднем равнялось с учетом влияния изолятора — 4,2 см, что составляет 16 %. У экземпляров капусты, зараженной по второму баллу, отставание в росте за период опыта в среднем выражалась в 8,65 см, что составляет 33 %. У экземпляров капусты зараженной по четвертому баллу, отставание в росте за тот же период равнялось 11,62 см или 44,3 %. Для третьего балла отставание в росте за период от 11 июня по 9 августа в среднем равнялось — 9,49 см, что составляет 36,2 %.

Растения, зараженные по первому баллу в фазе завязывания кочана, дали высоту за время опыта 53,3 см, капуста же, зараженная по второму баллу, за этот же период дала среднюю высоту равную 48 см, а по третьему баллу — 36,57 см. Растения, находившиеся под изолятором, были на 4,20 см выше, по сравнению с контрольными растениями, находившимся без изоляторов. Крайние варианты длины краевых листьев следующие: для первого балла от 46,8 до 58,4 см; для второго — от 37,6 до 54,4 см; для третьего балла от 27,5 до 46 см. Для поздней капусты, зараженной клопами по первому баллу, отставание растений в росте за период опыта в среднем равнялось 6,7 см, что составляет 12 %. У растений, зараженных по второму баллу, за период от 9 июля по 9 октября отставание в росте равнялось 12,6 см, что составляет 21,5 % и для третьего балла — 23,42 см, что составляет 42 %.

Для ранней капусты, зараженной клопом по первому баллу за период опыта от 15 июня по 11 августа, отставание в росте в среднем равнялось, с учетом изолятора, 2,63 см, что в процентном отношении составляет 9 %, для второго балла 5,55 см или 19 %, для третьего балла — 8,17 см или 28 % и для четвертого балла — 10,22 см, что составляет 35 % [2, с. 318].

Средняя длина краевых листьев поздней капусты за период опыта, т. е. от 15 июля до 30 сентября 2008 года, для контрольных растений под изолятором равнялась в среднем 60,9 см, для незараженных растений, находившихся без изолятора — 57,5 см. Для растений, зараженных по первому баллу — 55,15 см, для растений, зараженных по второму баллу — 48,9 см и для третьего балла — 39,63 см. Влияние изолятора оказалось равным в среднем — 3,4 см.

В среднем за два года получены следующие результаты: средняя длина краевых листьев ранней капусты была равна для контрольных растений под изолятором — 30,55 см, а для незараженных растений, находившихся без изолятора — 27,70 см, для растений, зараженных клопами по первому баллу — 24,29 см, для второго балла — 20,60 см, для третьего балла — 18,86 см и для четвертого балла — 16,78 см. Для ранней капусты зараженной *E.marascandica* по первому баллу отставание в росте равнялось — 3,41 см, что составляет 14,5 %, у растений, зараженных по второму баллу, отставание в росте равнялось — 7,10 см, что составляет 26 %, для третьего балла — 8,83 см или 32,1 % и для четвертого балла — 10,92 см или 39,6 %.

Средняя длина краевых листьев поздней капусты была равна под изолятором — 60,45 см, без изолятора — 56,65 см. Средняя длина краевых листьев с поправкой на влияние изолятора по первому баллу равнялась — 52,12 см, по второму баллу — 48,85 см и для третьего балла — 36 см. Для поздней капусты, зараженной по первому баллу, отставание в росте в среднем равнялось — 6,22 см, что составляет 11 %, для второго балла — 12,3 см или 21,2 % и для третьего балла 22,34 см или 29,5 %.

Растения, зараженные по первому баллу, достигли длины за период опыта в 2007 г. в среднем 27,22 см, по второму баллу — 24,35 см, зараженные по третьему баллу — 23,19 см и по четвертому баллу — 19,22 см. Крайние варианты для первого балла: от 20,2 до 31,8 см; для второго: от 17 до 27,9 см; для третьего: от 18,1 до 26,5 см и для четвертого: от 16 до 23,8 см.

Средняя длина листьев, с учетом влияния изолятора для растений, зараженных по первому баллу была равна — 23,81 см; для второго — 20,94 см; для третьего — 19,78 см и четвертого — 16,51 см.

Для первого балла отставание в росте в среднем равнялось с учетом влияния изолятора — 2,4 см или 9 %, для второго балла — 5,27 см или 20 %, для третьего — 6,43 см или 24,5 % и для четвертого — 9,70 см, что составляет — 37 %.

Средняя длина краевых листьев ранней капусты за время опыта в 2008 г. у растений, зараженных по первому баллу была равна —

29,46 см; по второму баллу — 27,12 см, по третьему — 24,5 см и по четвертому — 22,16 см.

Средняя длина краевых листьев, с учетом влияния изолятора у растений, зараженных по первому баллу равнялась — 27,16 см; по второму — 24,82 см; по третьему — 22,2 см и по четвертому — 19,86 см.

Для ранней капусты, зараженной *E. Wilkinsi* по первому баллу, за период опыта отставание в росте в среднем равнялось с учетом влияния изолятора — 2,04 см или 7 %, для второго балла — 4,38 см, что составляет 15 %, для третьего — 7 см или 24 % и для четвертого балла — 9,34 см или 32 %.

Средняя длина краевых листьев поздней капусты за период с 9 июля по 9 октября 2007 года, для зараженной по первому баллу была равна — 54,4 см; по второму баллу — 49,4 см и по третьему баллу — 38,24 см.

Крайние варианты для первого балла: 47,2 и 59,25 см, для второго: 39,2 и 56 см; для третьего: 29,2 и 48,5 см. средняя длина краевых листьев, с учетом влияния изолятора для растений, зараженных по первому баллу, равнялась 50,2 см, по второму 45,2 см и по третьему — 34,04 см.

Для первого балла за период опыта на поздней капусте отставание листьев в росте в среднем равнялось 4,6 см, что составляет 8 %, для второго балла — 9,77 см или 17 % и для третьего балла — 18,4 см или 32 %.

В среднем за два года получены следующие результаты: средняя длина краевых листьев ранней капусты, зараженной *E. Wilkinsi* по первому баллу равнялась — 25,48 см; по второму баллу — 22,88 см; по третьему баллу — 20,99 см и по четвертому баллу — 18,18 см. Для первого балла отставание листьев в росте в среднем, за два года равнялось — 2,22 см, что составляет 8 %, для второго балла — 5,32 см или 17,5 %, для третьего — 6,71 см или 24,2 % и для четвертого балла — 9,52 см или 34,5 %.

Средняя длина краевых листьев поздней капусты, зараженной клопами по первому баллу — 51,5 см, по второму баллу — 46,46 см и по третьему баллу — 36,57 см. Отставание листьев в росте по первому баллу — 5,1 см, что составляет 9 %, по второму баллу — 10,18 см или 18 % и по третьему баллу — 20,08 см или 35,5 %.

Данные учета роста растений в зависимости от степени заражения клопами особенно показательны были для 2007 года по сравнению с 2008 г. Очевидно, это зависит от упомянутого выше количества вредителей и фазы развития капусты в период естественного налета клопов и продолжительности пребывания клопов на капусте.

Потери урожая капусты происходят не только из-за отсутствия в росте, но также из-за потери листьев вызванной сосанием клопов. На поврежденных растениях замечается усыхание отвертывающих листьев.

Список литературы:

1. Ганиев М. М., Недорезков В. Д., Ганиев Р. М. Защита овощных культур. — Уфа: изд-во БГАУ, 2001. — 415 с.
2. Кочаргин В. Н., Белолипецкий А. В. Защита сада и огорода от вредителей, болезней и сорняков: Справочник. — М.: Колос, 1993. — 318 с.

ОРНИТОКОМПЛЕКСЫ: ОТ ВИДОВОЙ ЕМКОСТИ БИОТОПА К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ

Прохоров Виталий Геннадьевич

*канд. биол. наук, руководитель орнитологической биостанции, Союз
Охраны Птиц России, г. Москва
E-mail: pvq.58@rambler.ru*

Орнитокомплекс, являющийся составной фаунистической частью экосистемы, по своему реагирует на антропогенные и климатические воздействия. При подобном подходе совокупность видов птиц, населяющих данный биотоп в конкретный период времени, можно рассматривать в качестве показателя биоиндикации уровней воздействия на биотопы и экосистему в целом.

Любой орнитокомплекс по своей сути является в определенной степени фаунистическим комплексом. Исходя из данного условия, можно принять за основу, что «фаунистические комплексы являются ценными индикаторами среды обитания, отражающими экологическую емкость биогеоценозов, степень отрицательного воздействия антропогенных факторов на среду данной территории, устойчивость природных экосистем» [1].

На экосистемном уровне высокой пригодностью для оценки состояния зооценоза признаны два показателя: 1) трофическая структура и 2) видовое разнообразие. На популяционном уровне высокой оценочной пригодностью является показатель плотности популяции. Из трех перечисленных показателей наиболее изучены видовое разнообразие и плотность популяции [13].

Из зооценоза можно выделить непосредственно орнитоценоз как один из составляющих элементов. Таким образом, изучая все

флуктуации орнитоценоза по количественному (видовое разнообразие) и качественному (плотность популяции каждого вида) показателям, во много раз сужается область мониторинга до границ только авифауны, что значительно упрощает получение необходимых результатов по оценке состояния всей экосистемы. Птицы являются консументами разных порядков и занимают несколько ниш в трофической структуре экосистемы. Именно поэтому любые негативные изменения в орнитокомплексах любого биотопа, являясь следствием воздействия каких-либо факторов, приведут к таким изменениям в функционировании экосистемы, которые можно прогнозировать с учетом наличия того или иного воздействующего фактора. Тем более, что всегда возможно предсказывать влияние антропогенных факторов, а на их основе прогнозировать изменения в орнитоценозе.

Использование для мониторинга биотопов такой таксономической группы как птицы дает возможность получения также оперативной и реальной информации о состоянии экосистемы в настоящий период времени, в момент воздействия существующих абиотических факторов в совокупности с антропогенной трансформацией.

Накоплен значительный фактический материал, на основе выводов которого реально применять орнитоценоз для получения оценки состояния биотопов и экосистем.

В подтверждение подобных обобщений можно оперировать полученными результатами, дающими возможность использовать биостатические показатели гнездящихся воробьиных птиц — видовой состав, численность, биомасса, энергообмен — для организации биомониторинга природных экосистем. Было также определено, что уменьшение видового обилия птиц, а также увеличение всех биостатических параметров хищников второго порядка указывает на нарушение целостности изучаемых экосистем [6].

В данном случае проблема сохранения биоразнообразия авифауны может решаться с помощью выявления уязвимых видов птиц. Определенный интерес в данном аспекте представляет оценка степени уязвимости каждого вида по совокупности его основных биологических характеристик, что позволяет в дальнейшем на основании значений индекса устойчивости анализируемых групп выделить прогрессирующие, устойчивые и уязвимые. При этом предлагается степень уязвимости каждого вида, выражаемую через «коэффициент устойчивости» [2].

При усилении воздействий антропогенных факторов в биоценозах исчезают в первую очередь млекопитающие, т. е. наземный ценоз, который подвергается наибольшему прессу

воздействия негативных факторов. Параллельно с этим процессом резко сокращается видовое разнообразие растений и, как следствие, авифауны. Так, например, отмечено, что число видов и плотность гнездования птиц уменьшались с уменьшением видового разнообразия насаждений, возраста посадок и увеличением площадей, занятых монокультурой. В условиях сада плотность гнездования птиц колебалась от 28,8 до 4,1 пары на 10 га [7]. Но при любом количестве видов растений, создающих достаточные кормовые, гнездовые и защитные условия, в биотопе всегда будет присутствовать определенное количество видов птиц.

По отдельным данным в биотопах, подвергавшихся наиболее сильному освоению, на 38,8—75 % уменьшилась общая плотность гнездящихся видов. При этом приводятся цифры о значительном уменьшении численности массовых видов — белой трясогузки со 108 до 12 ос./км², красношапочного вьюрка — с 52 до 16 ос./км², черного стрижа — со 108 до 1 ос./км². Одновременно выявлена стабильная, с некоторым увеличением плотности гнездовая численность птиц-синантропов — домового воробья, горихвостки-чернушки и обыкновенной каменки [4].

Древесные, кустарниковые и травянистые растения всегда создают более или менее приемлемые условия для обитания отдельных видов птиц. Таким образом, достаточно присутствие нескольких деревьев или кустарников на сравнительно малой территории, иногда всего несколько десятков квадратных метров, чтобы обеспечить определенные условия для существования каких-либо видов птиц.

Существует отрицательная корреляция между плотностью населения гнездящихся птиц, числом гнездящихся видов и площадью биотопа (островка леса). Также выявлена существующая зависимость выбора гнездовых территорий в насаждениях разными видами птиц от площади всех насаждений. Примерно одна четверть всех гнездящихся видов птиц могут поселиться в насаждениях площадью до 100 м², 20 % видов птиц — площадь 100—1000 м² и половина более 0,1 га [5]. При высокой антропогенной нагрузке в орнитоценозе как правило отсутствуют наземногнездящиеся виды или их доля очень мала. Наибольший успех в гнездовании и выведении потомства обеспечивается видам птиц, связанным с верхним и средним ярусами древесной растительности.

В данной ситуации закономерно действие причин общего подъема численности птиц, которыми являются: общее увеличение возраста древостоев и, как следствие, усложнение горизонтального

расчленения сообществ; появление большого количества естественных дупел и искусственных гнездовий [3].

Возможно, целесообразно ввести понятие «видовой емкости биотопа», что означает весь спектр видового разнообразия орнитофауны, в т. ч. виды потенциально способные к обитанию в данном биотопе в зависимости от наличия абиотических факторов в разные сезоны и годы. По результатам инвентаризации видов птиц была получена некоторая информация по видам-индикаторам, которые могут обитать на данной территории в разные годы в зависимости от изменений климатических условий. Например, на «Курдюковском болоте» в засушливое лето 2002 года — камышница, малая выпь [9]; при «высокой» воде весной и в начале лета 2004 года — чирок-трескунок, кряква, погоныш, вальдшнеп, бекас [10, 11]; при аналогичных условиях в начале лета 2005 года — чирок-трескунок, погоныш, коростель [12]. Подобные виды-индикаторы могут обитать или отсутствовать в рассматриваемых биотопах при влиянии того или иного климатического (абиотического) или антропогенного фактора. На этом основании появляется возможность прогнозировать появление тех видов птиц, условия обитания которых, могут соответствовать благоприятной для них экологической обстановке. На состояние экологических условий, регулирующих состав видового спектра орнитоценоза в теплый период года, влияют абиотические факторы периодического характера — П-факторы, или факторы I-ой группы [8].

В дальнейшем себя проявляет антропогенный фактор в совокупности с погодными условиями. Выделенные в орнитоценозе виды-индикаторы в условиях доминирования природных условий при увеличении влияния антропогенных факторов могут замещаться на другие, в т. ч. синантропные, виды птиц. Известно, что при изменении ландшафта в результате влияния антропогенных факторов создаются условия для появления некоторых новых видов птиц, или увеличения численности ряда гнездящихся до этого в незначительном количестве видов. Представляет также интерес рассмотрение «искусственных биотопов» с точки зрения привлечения в них и охраны редких видов птиц на фоне антропогенных ландшафтов [14]. Если какие-либо виды птиц исчезают из видового спектра, то тем самым сокращается видовое разнообразие. При этом исчезновение нескольких «диких» видов может замещаться на меньшее число синантропных видов.

Те виды птиц, у которых будет проявляться в достаточной мере процесс синантропизации, имеют шансы на выживание и дальнейшее существование в условиях повсеместного воздействия антропогенных факторов. Даже некоторые виды хищных птиц в условиях

техногенного ландшафта успешно охотятся на свои жертвы, став синантропными. Однако стремление к созданию синантропных популяций для максимального количества видов птиц не следует считать разумным направлением для сохранения этих видов.

Только сохранность популяции любого вида в дикой природе сохранит те механизмы существования данного вида, которые характерны именно для дикой популяции. При синантропизации вида многие «истинные» свойства дикой популяции будут утрачены через несколько поколений, что скажется на процессе видовой эволюции, т. е. подобный «синантропный» вид птиц будет эволюционировать на качественно другом уровне.

Вопрос в том, как оценить или измерить уровень синантропности вида, который может претендовать на применение его в качестве индикаторного показателя в отношении воздействия антропогенных факторов при оценке состояния популяции того или иного вида птиц, а может и орнитоценоза в целом.

Таким образом, с учетом приведенных отдельных данных имеется полное основание использовать в качестве оценочного, или индикаторного, параметра состояния экосистемы один из составляющих элементов ее — орнитокомплекс данной экосистемы. Также возможно применять видовое разнообразие орнитокомплекса для качественной оценки отдельных биотопов. В этом случае целесообразно применение индексов видового разнообразия.

Список литературы:

1. Бобылев Ю. П. Оценка состояния герпетофауны в системе регионального мониторинга. // Мониторинговые исследования лесных экосистем степной зоны, их охрана и рациональное использование. Днепропетровск: ДГУ, 1988. С. 137—145.
2. Гришанов Г. В. Определение степени уязвимости видов птиц. // Экологические проблемы охраны живой природы. Тез. Всес. конф. Москва, 1990. Ч. 1. С. 87—88.
3. Гавриленко В. С. Изменения в орнитофауне заповедника «Кодры» под воздействием заповедного режима. // Охрана живой природы. Тез. Всес. конф. мол. ученых. Ноябрь 1983 г.// Москва, 1983. С. 34—35.
4. Комаров Ю. Е. Влияние антропогенных факторов на фауну гор Осетии. // Охрана живой природы. Тез. Всес. конф. мол. ученых. Ноябрь 1983 г.// Москва, 1983. С. 101—102.
5. Курлавичюс П. Й. Преобразование лесных насаждений и охрана птиц в агроландшафтах (на примере Литвы). // Охрана живой природы. Тез. Всес. конф. мол. ученых. Ноябрь 1983 г.// Москва, 1983. С. 116—117.

6. Лихацкий Ю. П. Об организации биомониторинга природных экосистем. // Охрана живой природы. Тез. Всес. конф. мол. ученых. Ноябрь 1983 г.// Москва, 1983. С. 128—130.
7. Москвитин С. С., Ананин А. А., Москвитина Н. С. Позвоночные садовой агросистемы в таежной зоне Западной Сибири. // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных. Тез. Всес. совещ., Москва, 1987, ч. II, с. 230—232.
8. Прохоров В. Г. Абиотические факторы: попытка классификации по характеру влияния на животных (млекопитающие и птицы). Ред. ж. «Биол. Науки». М., 1990. 27 с. Библиогр.: 76 назв. Рус. (Рукопись деп. в ВИНТИ 01.08.90, № 4426—В90).
9. Прохоров В. Г. Некоторые данные по орнитофауне Калужской области. Ж. «Актуальные проблемы современной науки», 2003 г., № 2(11), с. 212—215.
10. Прохоров В. Г. Заметки по орнитофауне одного из районов Калужской области. Ж. «Естественные и технические науки» 2005, № 3(17), с. 79—80.
11. Прохоров В. Г. Дополнительные данные по орнитофауне Малоярославецкого района Калужской области. Ж. «Естественные и технические науки», 2006, № 4(24), с. 110—113.
12. Прохоров В. Г. Состав орнитоценоза Курдюковского болота на северо-востоке Калужской области (по результатам наблюдений в 2002—2005 годах). Ж. «Актуальные проблемы современной науки», 2007, № 1(34), с. 135—138.
13. Снакин В. В., Мельченко В. Е., Буговский Р. О., Воронцова Л. И., Васильева Н. П., Ресин А. Л., Алябина И. О., Барина С. С., Ербанова Л. Н., Кочетова Н. И., Кречетов П. П., Ломакина Г. А., Моргун Л. В., Головина М. В., Барабанова Г. С. Оценка состояния и устойчивости экосистем. — ВНИИприрода. Москва, 1992, 128 с.
14. Страздс М., Страздс А. Влияние антропогенных изменений ландшафта на численность птиц. // Охрана живой природы. Тез. Всес. конф. мол. ученых. Ноябрь 1983 г.// Москва, 1983. С. 198—199.

1.5. МИКРОБИОЛОГИЯ И ВИРУСОЛОГИЯ

ПОИСК ПРОДУЦЕНТОВ АРАХИДОНОВОЙ КИСЛОТЫ СРЕДИ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ КАЗАХСТАНА

Салихова Дания Рамылевна

магистрант, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

Цуркан Яна Сергеевна

PhD-докторант, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

Карпенюк Татьяна Анатольевна

*профессор, д-р биол. наук, КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан*

Гончарова Алла Владимировна

*доцент, канд. биол. наук, КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан*

Бейсембаева Роза Ултубаевна

*профессор, д-р биол. наук, КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан
E-mail: yanatsurkan@mail.ru*

Арахидоновая кислота (АК) — полиненасыщенная жирная кислота, играющая важную роль в организме человека и животных. В живом организме она является субстратом для синтеза эйкозаноидов (простагландинов, лейкотронов, тромбоксанов), проявляет физиологическую активность, например, регулирует активность протеинкиназ, на уровне транскрипции участвует в регуляции экспрессии генов, индуцирует апоптоз, влияет на проницаемость каналов для ионов Ca^{2+} и K^{+} [3, 4].

В настоящее время арахидоновая кислота используется в пищевой и косметической промышленности, в фармации, но поиск продуцентов для её промышленного производства является важной проблемой.

Традиционно основными источниками получения АК являются липидные экстракты из печени свиньи и других органов животных [1].

Однако, их крупномасштабное производство неэффективно. Продуцентом арахидоновой кислоты являются некоторые штаммы грибов рода *Mortierella* [6], а также микроводоросли родов *Scenedesmus*, *Chlorella* [5].

Нами проведен поиск природного продуцента арахидоновой кислоты среди микроорганизмов. Объектами исследований были выбраны 14 штаммов микроорганизмов родов: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Absidia*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Fusarium*, выделенные из почв Казахстана.

Для решения поставленной задачи был проведён биотест на чувствительность к ацетилсалициловой кислоте (АСК) данных микроорганизмов. За основу был взят метод Ерошина [2]. Метод основан на корреляции между уровнем синтеза арахидоновой кислоты и чувствительностью роста микроорганизмов к низким концентрациям АСК (около 0,84 г/л).

Микроорганизмы культивировали в присутствии трёх концентраций АСК: 0,42 г/л; 0,84 г/л; 1,68 г/л. Для этого предварительно растворяли навески АСК в 5 мл 96 % этанола и добавляли в питательную среду МПА (мясо-пептонный агар). После чего стерилизовали в течении 30 мин при температуре 117°C в автоклаве. Стерильную среду разливали в чашки Петри, после застывания среды производили посев суспензии микроорганизмов методом Коха в трёх повторностях. Чашки после посева ставили в термостат при температуре 28°C. Через 3 суток определяли наличие или отсутствие ростовых процессов на средах, содержащих АСК. В качестве контроля использовался МПА без добавления АСК.

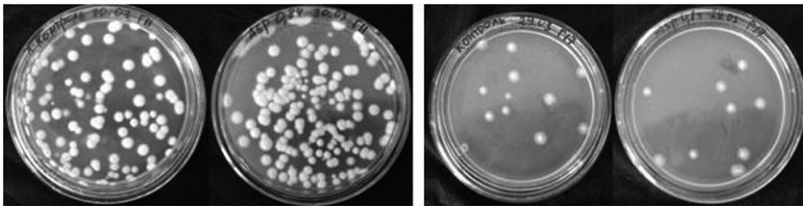
Сравнительный анализ способности микроорганизмов расти при трех концентрациях АСК в среде (0,42 г/л; 0,84 г/л; 1,68 г/л) показал, что существует прямая зависимость роста колоний микроорганизмов от концентрации АСК. При 0,42 г/л АСК среднее количество колоний микроорганизмов по сравнению с контролем снижалось незначительно, при концентрации 1,68 г/л рост всех исследованных микроорганизмов полностью ингибировался, а при концентрации 0,84 г/л в среде наблюдалось селективное влияние на рост микроорганизмов: для 12 штаммов из 14 число выросших колоний было сопоставимо с контролем, а рост 2 штаммов (*Bacillus* 2 (Б-В) и *Pseudomonas* (Б-А)) полностью ингибировался.

Результаты исследования влияния АСК при концентрации 0,84 г/л на рост некоторых штаммов микроорганизмов представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1.

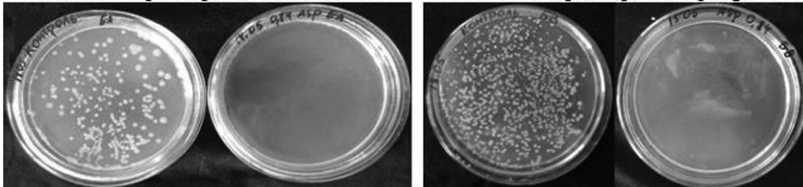
Влияние АСК на рост микроорганизмов

№	Объект исследования	Число колоний на среде МПА с АСК (0,84 г/л)	Число колоний на среде МПА без АСК (контроль)
Грибы			
1	<i>Absidia</i> (Г2)	40±4	42 ± 5
2	<i>Alternaria</i> (Г5)	49±5	53± 6
3	<i>Aspergillus</i> (Г17)	9 ±4	12±3
4	<i>Cladosporium</i> (Г1)	60±6	66±5
5	<i>Fusarium</i> (Г13)	32±3	43±4
6	<i>Mucor</i> (Г10)	3±1	4±2
7	<i>Penicillium</i> (Г11)	138±21	119±11
8	<i>Rhizopus</i> (Г9)	99±6	105±7
9	<i>Trichoderma</i> (Г7)	61±6	56±7
Бактерии			
10	<i>Bacillus 1</i> (Б-D)	29±6	30±8
11	<i>Bacillus 2</i> (Б-B)	0	628±9
12	<i>Pseudomonas</i> (Б-A)	0	159±7
13	<i>Pseudomonas</i> (Б-C)	25±6	22±10
14	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Б-F)	40±6	41±4



Колонии гриба рода *Penicillium*

Колонии гриба рода *Aspergillus*



Колонии бактерии рода *Pseudomonas* (Б-А) Колонии бактерии рода *Bacillus 2* (Б-В)

а

б

а – среда без АСК (контроль), б - среда с АСК

Рисунок 1. Влияние АСК на рост и развитие колоний микроорганизмов.

В эксперименте было установлено, что добавление в среду роста микроорганизмов АСК во всех исследованных концентрациях приводило к изменению рН среды. Так, при добавлении 0,42 г/л; 0,84 г/л; 1,68 г/л АСК в среду значение рН снижалось до 6,5; 6,0; 5,5 соответственно. В связи с этим, исследовали влияние рН на рост микроорганизмов, чувствительных к АСК.

Штаммы микроорганизмов *Pseudomonas* (Б-А) и *Bacillus 2* (Б-В) культивировали на питательной среде МПА в присутствии 0,42 г/л; 0,84 г/л и 1,68 г/л ацетилсалициловой кислоты.

Параллельно эти штаммы культивировали на питательной среде МПА в присутствии 0,42 г/л; 0,84 г/л, и 1,68 г/л АСК, где рН во всех средах доводили до 7,0 — исходного рН среды МПА.

Результаты исследования роста микроорганизмов в присутствии в среде разных концентраций АСК показали, что независимо от значения рН среды при 0,84 г/л АСК рост аспириночувствительных штаммов бактерий родов *Pseudomonas* (Б-А) и *Bacillus 2* (Б-В) ингибировался. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Количество колоний микроорганизмов, выращенных в присутствии АСК на среде с различными значениями рН

Штамм	<i>Pseudomonas</i> (Б-А)				<i>Bacillus 2</i> (Б-В)			
	Среда МПА Контроль (без АСК)	с АСК, г/л			Контроль (без АСК)	с АСК, г/л		
		0,42	0,84	1,68		0,42	0,84	1,68
рН	7,0	6,5	6,0	5,5	7,0	6,5	6,0	5,5
Число колоний	159±7	116±5	0	0	628±9	598±8	0	0
рН	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Число колоний	147±7	118±4	0	0	615±8	580±9	0	0

Таким образом, в качестве перспективных продуцентов арахидоновой кислоты могут быть исследованы аспириночувствительные штаммы бактерий рода *Pseudomonas* и *Bacillus*. Для установления штамма-продуцента, эффективного для промышленного получения арахидоновой кислоты, необходимо провести исследование липидного состава аспириночувствительных

микроорганизмов и выявить штамм с высокой концентрацией арахидоновой кислоты.

Список литературы:

1. Давлетбаев И. М. Биосинтез полиненасыщенных жирных кислот и их производных: Автореф. дис. к. б.н. УФА, 2002. — 24 с.
2. Ерошин В. К., Дедюхина Э. Г., Чистякова Т. И., Желифонова В. П., Ботаст Р.Дж. Исследование синтеза арахидоновой кислоты грибами рода *Mortierella*: микробиологический метод селекции продуцентов арахидоновой кислоты // Микробиология. — 1996. — Т. 65. — № 1. — С. 31—36.
3. Казимирко В. К., Мальцев В. И. Функции ненасыщенных жирных кислот в организме // Здоровье Украины. — 2004. — № 95 — С. 93—101.
4. Назаров П. Е., Мягкова Г. И., Гроза Н. В. Полиненасыщенные жирные кислоты как универсальные эндогенные биорегуляторы // Вестник МИТХТ. — 2009. — Т. 4. — № 15. — С. 205—210.
5. Утегенова Г. А., Бейсембаева Р. У., Оразова С. Б., Цуркан Я. С., Калбаева А. М., Карпенюк Т. А., Гончарова А. В. Поиск продуцентов арахидоновой кислоты — субстрата для разработки биотехнологии получения простагландинов // Материалы международной заочной научно—практической конференции «Инновации и современная наука». Часть I. (12 декабря 2011 г.). — Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2011. — С. 35—39.
6. Amano N., Shinmen Y., Akimoto K., Kawashima H., Amachi T., Shimizu S. Yamada H. Chemotaxonomic significance of fatty acid composition in the genus *Mortierella* Mycotaxon // Proc. Natl. Acad. Sci. — 1992. — № 94. — С. 257—265.

ГЛЮКОЗИЛТРАНСФЕРАЗЫ ЛЕГИОНЕЛЛ

Совкова Ирина Владимировна

аспирант, ФГБУ «НИИЭМ им. Н. Ф. Гамалеи» Минздрава России, г. Москва

E-mail: irinka.tabakova@mail.ru

Легионеллы являются инфекционными агентами тяжелого легочного заболевания человека — болезни легионеров (легионеллез). Данные бактерии обладают способностью размножаться в эукариотических клетках, таких как макрофаги, моноциты и эпителиальные клетки. С точки зрения субклеточного расположения легионеллы являются «вакуолярными» патогенами, то есть размножаются внутри фагосомы. Этому предшествуют характерные изменения вакуоли с находящимися в ней бактериями и приводящими к превращению органеллы в удобную нишу для размножения микроорганизмов. Наряду с изменением процессов биогенеза фагосомы в эукариотической клетке наблюдаются и иные процессы, вызванные специфическими активностями возбудителями и, по-видимому, способствующие его внутриклеточному размножению. К этим изменениям относятся изменение про-и антиапоптотического равновесия, нарушение процессов убиквитинизации белков, нарушение синтеза белка и др. Все перечисленное указывает на сложный и многогранный характер взаимодействия легионелл и клетки-мишени [9].

С целью исследования молекулярной природы наблюдающихся многочисленных нарушений в эукариотических клетках были проведены опыты по выявлению глюкозилирующей активности в культурах легионелл. В этих экспериментах было установлено, что экстракты, полученные из вирулентных легионелл, обладали глюкозилирующей активностью и приводили к модификации ~50 кД эукариотического белка [3].

В последующих экспериментах бактериальный фермент был получен в чистом виде и охарактеризован. Обнаруженная глюкозилтрансфераза имела молекулярную массу около 60 кД и была названа Lgt1. Фермент был выявлен среди представителей *L. pneumophila* и не обнаруживался в штаммах других видов легионелл, таких как *L. longbeachae*, *L. gormanii* and *L. steigerwaltii*. Ферментативная активность белка была высокоспецифична. Только УДФ-глюкоза, но не УДФ-галактоза, УДФ-N-ацетил-глюкозамин, УДФ-глюкуроновая кислота или ГДФ-манноза являлись ко-субстратами в реакции модификации [2, 5].

Аминокислотная последовательность Lgt1 не проявляла выраженной гомологии с известными на сегодня и представленными в

международных базах данных белками. Наиболее значимая гомология проявлялась между аминокислотными последовательностями центрального участка Lgt1 и энзиматического центра гликозилирующих токсинов (участок так называемого «DxD мотива» токсинов, продуцируемых *Clostridium difficile*, *C. novyi*, *C. sordellii* и *C. perfringens*). Последующий поиск в базах данных четырех штаммов *L. pneumophila*, содержащих информацию полностью отсекуемых геномах возбудителей, привел к обнаружению 9 открытых рамок считывания, кодирующих белки со значительной гомологией с Lgt1. Основываясь на уровне гомологии, продукты обнаруженных генов были сгруппированы в три семейства, названных Lgt1, Lgt2 и Lgt3. Гены, кодирующие белки Lgt1 и Lgt3 обнаруживались у всех четырех представителей *L. pneumophila*, тогда как ген *lgt2* был найден лишь у единственного штамма с известным геномом — Philadelphia-1.

В последующих исследованиях гены *lgt* были клонированы и экспрессированы в *Escherichia coli*, а очищенные вещества были протестированы в реакции гликозилирования. В этих исследованиях было показано, что 60 кД Lgt1, 70 кД Lgt2 и 100 кД Lgt3 гликозилировали один и тот же субстрат — эукариотический белок с молекулярной массой около 50 кД [4, 5].

С использованием метода тандемной масс-спектрометрии субстрат гликозилтрансфераз был идентифицирован. Им оказался эукариотический фактор элонгации 1А (eEF1A), а сайтом присоединения глюкозы был остаток аминокислоты серин в положении 53. Данный белок является одним из необходимых факторов в рибосомном синтезе белка. Он обладает ГТФазной активностью и определяет доставку аминокислотированных молекул тРНК к так называемому А-сайту рибосомы. Кроме этого, eEF1A участвует и в других процессах клетки, таких как трансляционный контроль, укладка синтезированных пептидов, протеосомная деградация дефектных пептидов, регуляция актинового цитоскелета и др. Серин-53, модифицируемый Lgt1, Lgt2 и Lgt3, расположен в NH₂-концевой части G-домена. В связи с этим модификация данного остатка аминокислоты может приводить к нарушениям функционирования всего домена и всего белка [8].

В связи с тем, что основная функция eEF1A связана с его участием в синтезе белка, были проведены специальные эксперименты, направленные на изучение процессов трансляции в присутствии гликозилтрансфераз легионелл. При этом было установлено, что гликозилирование фактора элонгации приводит к полной остановке синтеза белка как *in vitro* в реакции транскрипции/трансляции, так и *in vivo* при доставке Lgt в эукариотическую клетку мишень. Таким образом,

глюкозилтрансферазы Lgt1 *L. pneumophila* являются биологически-активными молекулами, способными убивать эукариотические клетки-мишени путем блокирования процессов трансляции.

Для того, чтобы участвовать в процессах патогенеза, бактериальный фактор должен быть синтезирован и доставлен к месту своего действия в нужный момент времени. В связи с этим были проведены опыты по изучению динамики синтеза ферментов Lgt при выращивании легионелл на искусственных питательных средах или в амебах *Acanthamoeba castellanii*. В этих исследованиях было установлено, что Lgt1 и Lgt2 вырабатываются бактериями в поздней стационарной фазе их роста в жидкой питательной среде и на поздней стадии взаимодействия с амебами. В противоположность этим данным Lgt3 определялся в культурах на ранней стадии роста *in vitro* (лаг-фаза) и на ранних этапах взаимодействия с эукариотическими клетками [5]. В другой серии экспериментов было показано, что все три глюкозилтрансферазы являются эффекторами аппарата секреции 4 типа легионелл и активно доставляются в цитоплазму клеток-мишеней секреторной системой данного типа [6].

Таким образом, полученные данные позволяют предполагать важную роль глюкозилтрансфераз легионелл в патогенности возбудителя. Как показывают экспериментальные данные, подавление белкового синтеза под действием Lgt ведет к гибели пораженных клеток. Следует отметить, что гибель клеток в результате нарушения трансляции занимает несколько дней, в противоположность гибели, индуцированной нарушениями цитоскелета (часы) или разрушением цитоплазматической мембраны (минуты и секунды). В этой связи особый интерес представляет тот факт, что Lgt3 продуцируется бактериями в начальные фазы взаимодействия с фагоцитами, тогда как Lgt1 и Lgt2 — в заключительных фазах. Это позволяет предположить, что в результате действия Lgt3 клетка может переводиться в «беззащитное» «парализованное» состояние и оказывается неспособной препятствовать размножению легионелл. С другой стороны, на финальных этапах взаимодействия легионелл и эукариотических клеток-мишеней возникает необходимость уничтожить «использованную» клетку, и Lgt1/2 могут являться активными эффекторами этого процесса.

Гликозилирование эукариотических белков под действием бактериальных продуктов является важным процессом, определяющим патогенез ряда инфекционных заболеваний. До последнего времени основной поток информации об участии бактериальных глюкозилтрансфераз в вирулентности возбудителей был связан с изучением больших токсинов клостридий (*C. difficile*, *C. novyi*, *C. sordellii*

и *C. perfringens*). Однако результаты исследований последнего десятилетия указывали на важную роль гликозилтрансфераз и у других возбудителей инфекционных заболеваний человека. Ярким примером этому является цикл работ по обнаружению и изучению глюкозилтрансфераз Lgt легионелл. Более того, с увеличением объема информации о структуре геномов различных инфекционных возбудителей появляются данные о наличии гликозилирующей активности у новых белков, таких как лимфостатин LifA и токсин В *E. coli*, цитотоксины *Chlamydia* и др. Весьма вероятно, что исследования вирулентных свойств возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных в ближайшем будущем приведут к обнаружению новых веществ, выполняющих свою функцию путем гликозилирования тех или иных эукариотических белков.

Список литературы

1. Belyi Y., and Aktories K. Bacterial toxin and effector glycosyltransferases. // Biochim Biophys Acta. — 2010. — № 1800. — P. 134—143.
2. Belyi Y., Niggeweg R., Opitz B., Vogelsgesang M., Hippenstiel S., Wilm M., and Aktories K. Legionella pneumophila glucosyltransferase inhibits host elongation factor 1A. // Proc Natl Acad Sci U S A. — 2006. — № 103. — P. 16953—16958.
3. Belyi I., Popoff M. R., and Cianciotto N. P. Purification and characterization of a UDP-glucosyltransferase produced by Legionella pneumophila. // Infect Immun. — 2003. — № 71. — P. 181—186.
4. Belyi Y., Stahl M., Sovkova I., Kaden P., Luy B., and Aktories K. Region of elongation factor 1A1 involved in substrate recognition by Legionella pneumophila glucosyltransferase Lgt1: identification of Lgt1 as a retaining glucosyltransferase. // JBC. — 2009. — № 284. — P. 20167—20174.
5. Belyi Y., Tabakova I., Stahl M., and Aktories K. Lgt: a family of cytotoxic glucosyltransferases produced by Legionella pneumophila. // J Bacteriol. — 2008. — № 190. — P. 3026—3035.
6. Hurtado-Guerrero R., Zusman T., Pathak S., Ibrahim A. F., Shepherd S., Prescott A. et al. Molecular mechanism of elongation factor 1A inhibition by a Legionella pneumophila glucosyltransferase. // Biochem J. — 2010. — № 426. — P. 281—292.
7. Jank T., and Aktories K. Structure and mode of action of clostridial glucosylating toxins: the ABCD model. // Trends Microbiol. — 2008. — № 16. — P. 222—229.
8. Lu, W., Du, J., Stahl, M., Tzivelekidis, T., Belyi, Y., Gerhardt, S. et al. Structural basis of the action of glucosyltransferase Lgt1 from Legionella pneumophila. // J Mol Biol. — 2010. — № 396. — P. 321—331.
9. Newton, H. J., Ang, D. K., van Driel, I. R., and Hartland, E. L. Molecular pathogenesis of infections caused by Legionella pneumophila. // Clin Microbiol Rev. — 2010. — № 23. — P. 274—298.

1.6. ТОКСИКОЛОГИЯ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ КОРМА, ПОРАЖЁННОГО *TILLETIA CARIES*

Толпышев Евгений Владимирович

*студент, ФГБОУ ВПО Омский государственный аграрный
университет им. П. А. Столыпина, г. Омск*

E-mail: tolpyshev@inbox.ru

Герунов Тарас Владимирович

*канд. биол. наук., ФГБОУ ВПО Омский государственный аграрный
университет им. П. А. Столыпина, г. Омск*

E-mail: vsed@mail.ru

Проблема микотоксикозов является актуальной во всём мире. Ежегодные потери в животноводстве причиняют колоссальный ущерб [3]. Попадая в организм, главным образом алиментарным путём, микотоксины негативно влияют на организм животных, снижая продуктивность, качество получаемой продукции, увеличивая экономические издержки, и представляют угрозу для здоровья человека и животных. В Омской области большой вред посевам пшеницы наносят головневые заболевания [5]. Наиболее часто встречающимся является возбудитель твердой головни *Tilletia caries*. В настоящее время, несмотря на успехи в разработке сельскохозяйственных защитных мероприятий против грибов, поражение твёрдой головнёй часто регистрируется, так как большинство хозяйств не проводят химическую обработку семян [4].

Цель настоящего исследования — установить изменения в организме лабораторных животных при введении в рацион корма, поражённого *T. caries*.

Материал и методы исследования. До начала опыта определяли содержание спор головневых грибов в корме. Для этого их отмывали от зерна. Содержание спор в процентах вычисляли по формуле: $X=(m_1-m_2)\times 2$, где m_1 — масса фильтра после фильтрации, г., m_2 — масса фильтра до фильтрации, г [2].

Для определения общей токсичности провели тестирование на суточной культуре стилонихий, находящихся в фазе активного роста.

Предварительно пробы корма просеивали и измельчали. Навеску помещали в пробирку и заливали 1 % раствором ацетона. Подсчёт проводили через 1 и 3 часа. Выживаемость стилонихий определяли по формуле: $N_2/N_1 \cdot 100$ %, где N_2 — количество стилонихий в конце опыта, шт.; N_1 — количество стилонихий в начале опыта, шт. [1].

Биопроба была проведена на белых беспородных крысах (2 группы по 3 животных в каждой). Животных содержали в стандартных условиях вивария. В течение 14 дней их кормили пшеницей разного качества. В рацион опытной группы входило зерно, поражённое *T.caries*. Контрольная группа получала полноценную зерносмесь. Крыс выводили из эксперимента под эфирным наркозом.

Анализ лейкограммы проводили при окрашивании мазков по Романовскому-Гимза. Мазки исследовали под световом микроскопом при увеличении $\times 90$. Гемоглобин определяли на колориметре КАМЦ-1, подсчёт эритроцитов вели в камере Горяева.

Биохимические исследования сыворотки крови выполняли на анализаторе Screen master LHD 113 с применением тест-систем «Hospitex Diagnostics», при этом определяли содержание общего белка, глюкозы, альбуминов, глобулинов, мочевины и уровень щелочного резерва.

При статистической обработке вычисляли среднее арифметическое значение и ошибку среднего арифметического значения ($M \pm m$), достоверность различий — с использованием непараметрического критерия Mann-Whitney U test (STATISTICA 6.0).

Результаты исследования. При исследовании зерна пшеницы было установлено, что содержание спор головнёвых грибов в нём составляет 0,83 %, что значительно превышает допустимый уровень (0,1 %).

При определении интегральной токсичности корма учитывали требования ГОСТа: при 70—100 % выживаемости стилонихий - корм не токсичен, при 40—69 % — слаботоксичен, при 0—39 % — токсичный. При исследовании корма опытной группы выживаемость стилонихий составила 45—49 %, что указывает на слабую токсичность корма.

При проведении биопробы у животных обеих групп отмечали хорошую поедаемость корма. На всём протяжении исследований не выявлено заметных изменений в поведении и клинических признаков интоксикации, однако, время принятия бокового положения при эфирном наркозе у крыс контрольной группы составило в среднем 10 минут, у крыс опытной группы этот период сокращался до 7 минут. Масса крыс опытной группы ($141,6 \pm 0,6$) по окончании эксперимента была выше, чем у крыс контрольной группы ($136,6 \pm 1,1$), $p < 0,05$.

При вскрытии у крыс опытной группы обнаружили увеличение объёма желудка вследствие большей наполненности кормом. Содержимое тонкого кишечника у контрольных животных имело

зеленовато-коричневый цвет, у экспериментальных — серо-коричневый, что может свидетельствовать о нарушении процесса желчевыделения. У крыс опытной группы выражена дилатация двенадцатиперстной кишки, при этом слепая кишка переполнена содержимым, отмечаются признаки метеоризма, что является следствием усиления бродильных процессов и нарушения функции всасывания.

Печень крыс опытной группы гиперемирована, неравномерно окрашена, что связано с сосудистыми расстройствами и дистрофическими изменениями в гепатоцитах. Селезёнка также полнокровна, края её закруглены в отличие от животных контрольной группы.

Таблица 1.

Содержание эритроцитов и гемоглобина в крови крыс

Номер п/п	Контроль		Опыт	
	Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л	Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л
1	4,2	100	4,2	95
2	3,88	95	3,88	95
3	5,38	100	5,38	80
M±m	3,54±0,45	98,33±1,67	4,49±0,46	90,0±5,0*

Примечание: * — $p < 0,05$

Таблица 2.

Лейкограмма экспериментальных животных

	Элементы крови	Номер животного			M±m
		1	2	3	
Контроль	Лейкоциты $\times 10^9 /л$	6,48	6,45	6,55	6,49±0,03
	Палочкоядерные, %	3,6	1,3	3,8	2,9±0,8
	Сегментоядерные, %	10,7	8,2	15,4	11,43±2,11
	Эозинофилы, %	4,0	1,4	3,1	2,83±0,76
	Моноциты, %	0,0	0,0	0,0	0,0±0,0
	Лимфоциты, %	81,7	89,1	77,7	82,83±3,34
Опыт	Лейкоциты $\times 10^9 /л$	7,55	7,75	7,60	7,63±0,06*
	Палочкоядерные, %	0,0	0,0	1,0	0,33±0,33
	Сегментоядерные, %	17,0	18,6	21,0	18,86±1,16*
	Эозинофилы, %	7,0	12,6	7,0	8,86±1,86
	Моноциты, %	4,0	0,0	1,0	1,67±1,21
	Лимфоциты, %	72,0	68,8	70,0	70,26±0,93*

Примечание: * — $p < 0,05$

Изменения в лейкограмме свидетельствуют об относительной нейтрофилии с увеличением процентного содержания сегментоядерных нейтрофилов на фоне общего лейкоцитоза и снижения доли лимфоцитов. Некоторые лимфоциты имели токсическую зернистость.

Таблица 3.

Влияние поражённого *T.caries* и доброкачественного корма на биохимические показатели крови

	№ п/п	Общ. белок, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Альбумины, г/л	Глобулины, г/л	Мочевина, мг %	Щелочной резерв, Об % CO ₂
Контроль	1	83,1	5,7	324	507	5,1	687,2
	2	70,2	5,9	370	332	4,8	719,7
	3	75,1	5,1	391	360	4,7	710,4
	M±m	76,13 ± 3,76	5,56 ± 0,24	361,66 ± 19,78	399,66 ± 54,27	4,86 ± 0,12	705,76 ± 9,66
Опыт	4	85,5	7,1	378	477	5,8	838,8
	5	76,4	7,3	399	365	5,5	801,7
	6	77,7	8,0	365	412	5,4	811,4
	M±m	79,86 ± 2,84	7,46 ± 0,27*	380,66 ± 9,91	418 ± 32,47	5,56 ± 0,12*	817,3 ± 11,12*

Примечание: * – $p < 0,05$

Не отмечено торможения белоксинтезирующей функции печени. Имеет место тенденция к гипергликемии, что может быть связано с повышением потребности в углеводах и носит компенсаторный характер. Кроме того, регистрировали увеличение содержания мочевины, что, вероятно, стало результатом активации глюконеогенеза, в результате чего от белков отщепляется аммиак, который обезвреживается в мочевины. Возрастание щелочного резерва можно объяснить увеличением концентрации аммиака.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о потенциальной опасности поражения кормов головнёвыми грибами. В организме лабораторных животных в результате введения в рацион пшеницы, поражённой *T.caries*, были отмечены существенные изменения в картине крови и внутренних органах. Данные исследования убеждают в необходимости строгого контроля качества кормов.

Список литературы:

1. ГОСТ Р52337-2005. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения общей токсичности. — М.: Изд-во стандартов, 2005. — 15 с.
2. ГОСТ 13496.11-74. Зерно. Метод определения содержания спор головнёвых грибов. — М.: Изд-во стандартов, 1975. — 2 с.
3. Иванов А. В. Микотоксикозы животных: (этиология, диагностика, лечение, профилактика) / А. В. Иванов, М. Я. Тремасов. — М.: Колос, 2008. — 140 с.
4. Левитин М. М. Грибные болезни зерновых культур / М. М. Левитин, С. Л. Тютюрев // Защита и карантин растений. — 2003. — № 11. — С. 47.
5. Миронова Г. В. Биологические методы защиты яровой пшеницы от листовой инфекции / Г. В. Миронова // Вестн. Ом. гос. аграр. Ун-та. — 1998. — № 4. — С. 46—47.

1.7. ФИЗИОЛОГИЯ

ВЛИЯНИЕ НИТРАТОВ НА НЕВРОЛОГИЧЕСКИЙ ДЕФИЦИТ КРЫС, ВЫЗВАННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИШЕМИЕЙ МОЗГА

Кузенков Виктор Сергеевич

канд. биол. наук, лаборант-инженер I-категории МГУ, г. Москва

E-mail: kouzenkov@mail.ru

Курилина Татьяна Андреевна

Старший лаборант МГУ, г. Москва

E-mail: k_staty@yahoo.com

В настоящее время показано, что анионы нитрата (NO_3^-) и нитрита (NO_2^-) присутствующие в организме и которые ранее считали инертными конечными продуктами метаболизма оксида азота (NO), обладают фармакологическими свойствами [12]. До начала XX века нитраты и нитриты были терапевтическими средствами, используемыми в лечении стенокардии, гипертонии и других заболеваний, но были заменены нитроглицерином [7]. После того, как появились сообщения, что нитраты и нитриты могут быть ответственны за карциногенез и метгемоглобинурию (особенно у детей), наступил период «нитратофобии» [5, 6]. Теперь вновь появилось большое количество исследований, в которых показана протекторная роль этих субстанций на различные органы организма, особенно в гипоксически/ишемических условиях [1, 9]. Нитраты и нитриты сейчас рассматривают как форму хранения NO, а не инертных ненужных продуктов.

Восстановление нитратов и нитритов до вазоактивного оксида азота (NO) осуществляется как ферментативным, так и неферментативным путем [11]. Оксид азота, полученный из нитратов и нитритов, представляет важный альтернативный источник NO в классическом пути L-arginine-NO-synthase, особенно в ишемически/гипоксических условиях, когда система NOS/L-аргинин повреждена или недостаточно активна. Восстановление нитрита к NO может произойти различными путями, вовлекающими ферменты, белки, витамины или даже простые протоны [8]. Таким образом, NO может

образовываться не только из L-аргинина (классический путь NOS/L-аргинин), но также из ионов NO_2^- , которые восстанавливаются в NO при участии гемсодержащих белков. Ионы NO_2^- в свою очередь, могут образовываться в ходе восстановления ионов NO_3^- под действием металл-содержащих ферментов (ксантинооксидаз, метгемоглобин и т. п.). Особенно интенсивно превращения нитратов в нитриты и NO ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}$) осуществляется в условиях гипоксии [2].

Выше было отмечено, что интенсивное превращение нитратов в нитриты и NO осуществляется в условиях гипоксии/ишемии, которые активируют нитрат/нитритредуктазы. Но, на активность нитрат/нитритредуктаз влияют также катионы моновалентных и двухвалентных металлов, сопутствующие аниону. Падение нитратредуцирующей активности отмечено в ряду: K^+ , Na^+ , Mg_2^+ , Ca_2^+ , Ba_2^+ [4].

Целью настоящей работы явилось сравнительное изучение влияния нитрата калия (KNO_3) и нитрата магния ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) на динамику неврологических нарушений и смертность животных в результате ишемии мозга, вызванной двухсторонней окклюзией общих сонных артерий. KNO_3 и $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ вводились внутривентриально за 60 минут до окклюзии 2-х сонных артерий в дозах 5 мг/кг и 50 мг/кг.

Материалы и методы исследований

В опытах использовали самцов крыс линии Wistar массой 110—140 г. Все группы животных составляли крысы с неполной глобальной ишемией мозга. Для создания дефицита кровоснабжения мозга применяли классическую модель неполной глобальной ишемии, вызванной одномоментной двусторонней перевязкой общих сонных артерий [3]. Крысам под эфирным наркозом отсепааровывали и перевязывали общие сонные артерии. Первой (KNO_3 -5), $n=29$, и второй (KNO_3 -50), $n=29$, опытным группам вводили нитрат калия (KNO_3) в дозе 5 мг/кг и 50 мг/кг (соответственно) внутривентриально за 60 минут перед окклюзией 2-х сонных артерий. Третьей ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -5), $n=29$, и четвертой ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -50), $n=29$, опытным группам крыс вводили нитрат магния в дозе 5 мг/кг и 50 мг/кг (соответственно) внутривентриально за 60 минут до окклюзии 2-х сонных артерий. Контрольным животным (контроль), $n=29$, вводили физиологический раствор (0,9 % NaCl) в эквивалентном количестве. Длительность операции составляла не более 10 мин, затем крысы быстро восстанавливались после эфирного наркоза. После операции животных помещали в отдельные клетки и визуально оценивали динамику развития неврологического дефицита в баллах по методике бальной оценки неврологического состояния крыс после двухсторонней

перевязки общих сонных артерий [10]. Основные признаки неврологических нарушений включали ограничение подвижности животного, птоз, гиперактивное поведение, насильственные движения (вращения, прыжки, судорожные и вращательные припадки), парезы конечностей, кому и смерть. По шкале балльной оценки легкая степень неврологической симптоматики составляет 0—3 баллов (состояние, близкое к норме); средняя степень — 3—6 баллов; тяжелая степень 7—24 балла; 25 баллов — смерть. Неврологический дефицит отдельно взятого животного оценивали через каждые 30 мин в течение 8 часов. Суммарный балл неврологического дефицита по каждому промежутку времени усредняли для всех животных в группе. На основе полученных данных строили графики динамики неврологических нарушений, отложив по оси ординат баллы, по оси абсцисс — время. Оценку летальности проводили по гистограммам, отражающим процент выживших и умерших животных. Для статического анализа полученных данных по динамике неврологического дефицита использовали непараметрический тест Манна-Уитни с использованием компьютерной программы «Statistika 6». Для оценки летальности неврологических проявлений применяли критерий Фишера.

Результаты исследований и их обсуждение

У животных, которым вводили KNO_3 в дозе 5 мг/кг, наблюдалось достоверное ($p < 0,01$) снижение неврологического дефицита по сравнению с контрольными крысами на временном интервале 300—480 мин. (рис. 1). Напротив, у крыс, которым вводили KNO_3 в дозе 50 мг/кг, наблюдалось достоверное ($p < 0,05$) увеличение неврологической симптоматики по сравнению с контрольными крысами на временном интервале 330—480 мин. (рис. 1).

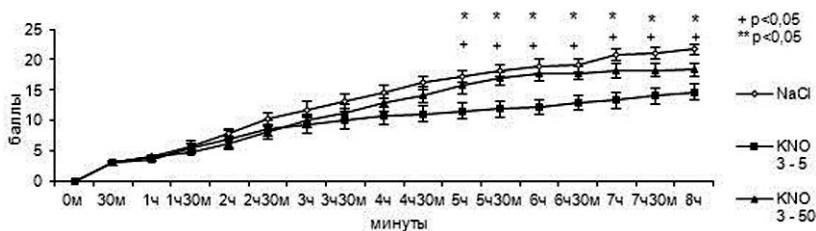


Рисунок 1. Влияние KNO_3 на развитие неврологических нарушений при неполной глобальной ишемии мозга. * $p < 0,05$ — достоверность различий между группами KNO_3 -50 и контроль, + $p < 0,01$ достоверность различий между группами KNO_3 -5 и контроль.

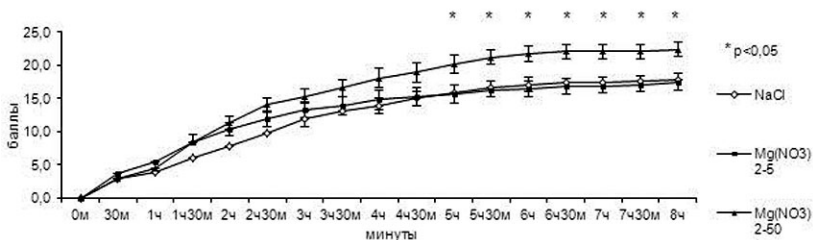


Рисунок 2. Влияние $Mg(NO_3)_2$ на развитие неврологических нарушений при неполной глобальной ишемии мозга. * $p < 0,05$ — достоверность различий между группами $Mg(NO_3)_2$ -50 и контроль.

На рис.2 видно, что нитрат магния $Mg(NO_3)_2$ в дозе 5 мг/кг не оказал сколько-нибудь существенного влияния на динамику неврологических нарушений у крыс. Внутривнутрибрюшинное введение $Mg(NO_3)_2$ в дозе 50 мг/кг вызвало достоверное ($p < 0,05$) ухудшение неврологической симптоматики на интервале 300—480 мин. (рис.2).

Известно, что окклюзия двух сонных артерий вызывает развитие острой церебральной ишемии и запускает каскад патобиохимических реакций в головном мозге, вызывая повреждения нейронов и глии [3]. Нитраты-нитриты представляют распространенный химический пул биодоступности NO в сосудистой системе и тканях [1, 8, 11]. Этот пул (нитрат-нитрит-NO) присутствует в организме даже при жесткой без нитрат/нитритной диете [12]. В условиях пониженного содержания кислорода и ацидоза, сопровождающие ишемию мозга многие ферменты изменяют «профиль» своей обычной ферментативной активности. [1, 8, 11]. При ишемически/гипоксических условиях возрастает активность нитрат/нитрит редуктаз осуществляющих цепь превращений $NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO$.

Исходя из выше изложенного, результаты эксперимента можно объяснить следующим образом. Отсутствие протекторного влияния $Mg(NO_3)_2$ в дозе 5 мг/кг, по всей видимости, связана со слабой активностью нитрат/нитрит редуктаз в присутствии катиона Mg^{2+} по сравнению с катионами K^+ (рис. 2).

Значительное протекторное влияние на ишемию мозга KNO_3 в дозе 5 мг/кг (рис.1) вероятно связано с усилением редукции нитратов и нитритов до NO, что способствуют повышению кровотока и других протекторных эффектов, связанных с NO или NO-модифицированными протеинами и липидами [1, 11, 9]. Поскольку активность нитрат/нитрит редуктаз зависит от типа катиона, входящего в состав нитрат/нитрит редуктаз, то защитное воздействие

KNO_3 можно объяснить тем, что активность нитрат/нитрит редуктаз, в присутствие катиона K^+ выше, чем в присутствие катиона Mg^{2+} [4].

Усиление повреждающего действия KNO_3 в дозе 50 мг/кг на неполную глобальную ишемию мозга (рис. 1), по всей видимости, связано с высокой нитрат/нитрит редуцирующей активностью катиона K^+ , что приводит к гиперпродукции оксида азота. Известно, очень высокая концентрация NO приводит к усилению повреждающего эффекта ишемического инсульта. Увеличение ишемически/гипоксических повреждений и смертности, связанные с $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, взятым в дозе 50 мг/кг, вероятно, связаны как с гиперпродукцией NO , так и другими отрицательными эффектами Mg^{2+} -содержащих ферментов.

Таким образом, полученные данные показывают, что исследованные нитраты KNO_3 и $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ в дозах 5 мг/кг и 50 мг/кг, оказывают неодинаковый и даже разнонаправленный эффект на неврологические нарушения у крыс. В целом полученные результаты подтверждают представление как о протекторном, так повреждающем влиянии нитратов на сосудистую систему мозга.

Список литературы:

1. Крушинский А. Л., Кузнецов В. С., Дьяконова В. Е., Реутов В. П. Влияние ингибиторов индуцибельной и нейрональной NO -синтаз на развитие аудиогенных стрессорных повреждений у крыс линии Крушинского—Молодкиной. // Бюлл. эксп. биол. и мед. 2010. Т. 150. № 7 — С. 38—41.
2. Реутов В. П., Сорокина Е. Г., Охотин В. Е., Косицин Н. С. Циклические превращения оксида азота в организме млекопитающих. М: Наука, 1997. 156 с.
3. Саркисов К. Ю., Опиц Б., Оеме П. Влияние фрагмента субстанции Р. (3—4) на течение ишемии мозга у крыс с разным типом поведения // Бюлл. эксп. биол. и мед. 1996. 121. № 4. с. 399—403.
4. Храмов В. А., Комарова В. И., Темкин Э. С. Антибиотики как ингибиторы нитратредуктазы ротовой жидкости человека // Стоматология. 2000. № 2. с. 4—5.
5. Knekt P, Järvinen R, Dich J, Hakulinen T. Risk of colorectal and other gastrointestinal cancers after exposure to nitrate, nitrite and N-nitroso compounds: a follow-up study. *Int J Cancer*. 1999. V. 80(6). P. 852—6.
6. Manassaram D. M., Backer L. C., Moll D. M.. A Review of Nitrates in Drinking Water: Maternal Exposure and Adverse Reproductive and Developmental Outcomes. *Environ Health Perspect*. 2006. V. 114(3). P. 320—327.
7. Mayer B, Beretta M. The enigma of nitroglycerin bioactivation and nitrate tolerance: news, views and troubles. *Br. J. Pharmacol*. 2008. V. 155(2). P. 170—184.

8. Millar T. M., Stevens C. R., Benjamin N., Eisenthal R., Harrison R., Blake D. R. Xanthine oxidoreductase catalyses the reduction of nitrates and nitrite to nitric oxide under hypoxic conditions. *FEBS Lett.* 1998. V. 427. P. 225—228.
9. Okamoto M., Tsuchiya K., Kanematsu Y., Izawa Y., Yoshizumi M., Kagawa S., Tamaki T. Nitrite-derived nitric oxide formation after ischemia-reperfusion injury in kidney. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2005. V. 288. F 182—F 187.
10. Tsai A. G., Jonson P. C., Intaglietta M. Oxygen Gradients in the Microcirculation *Physiol Rev.* 2003. V. 83(3) P. 933—963.
11. Weitzberg E., Hezel M., Lundberg J. O. Nitrate-nitrite-nitric oxide pathway: implications for anesthesiology and intensive care. *Anesthesiology.* 2010 V. 113(6). P. 1460—75.
12. Zweier J. L., Li H., Samouilov A., X. Liu. Mechanisms of Nitrite Reduction to Nitric Oxide in the Heart and Vessel Wall. *Nitric Oxide.* 2010. V. 22(2). P. 83—90.

1.8. ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В ВОДЕ МАЛЫХ РЕК С РАЗНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Грубинко Василий Васильевич

д-р биол. наук, профессор ТНПУ, г. Тернополь, Украина

E-mail: v.grubinko2@yahoo.com

Грюк Ирина Борисовна

канд. хим. наук, доцент, докторант ТНПУ, г. Тернополь, Украина

Суходольская Ирина Леонидовна

аспирант, ТНПУ, г. Тернополь, Украина

Приведены данные исследования динамики содержания нитратов, нитритов, аммонийного азота и их соотношения в воде малых рек с разным уровнем антропогенной нагрузки Ровенского Полесья (Украина) на протяжении 2005—2010 гг. Показано, что уровень антропогенной нагрузки изменяет соотношение в системе аммоний — нитриты — нитраты в сторону накопления нитритов из-за ускоренного превращения аммония и торможения превращения нитритов в нитраты.

Ключевые слова: аммонийный азот, нитраты, нитриты, малые реки, Ровенское Полесье, уровень антропогенной нагрузки.

В связи с возрастанием антропогенной нагрузки на водоемы особенно обострилась проблема качества воды и водной среды, что вызывает необходимость выяснения механизмов формирования экотоксикологических ситуаций в водных экосистемах с целью их предотвращения и преодоления [6, 7, 16]. Значительный интерес при этом вызывает круговорот соединений азота. От количественного и качественного состава азотосодержащих веществ зависят степень трофности и общая продуктивность водоемов, а также качество воды в них [5, 7, 8]. Соединения азота характеризуются высокой биологической активностью, принимают участие в метаболических процессах гидробионтов и существенно ухудшают органолептические свойства воды [1, 6, 8, 11].

Главными источниками нитратов в воде являются органические вещества, а также промышленные и сельскохозяйственные сбросы. Дополнительное количество нитратов попадает в воду с окислами азота, которые образуются при грозовых разрядах. Азот также является компонентом белков, поэтому при их разложении образуются аммиак, нитриты и, наконец, нитраты.

Содержание соединений азота в природных водах изменяется от 0,1—0,3 (дождевая вода) до 600 ч. на 1 млн. в подземных водах аграрных территорий, где на полях в больших количествах применяются азотные удобрения, или в поверхностных водах, стекающих из скотных дворов [15]. Содержания нитратов, нитритов и аммонийного азота являются важными показателями химического состава воды, которые используются при проведении экологической оценки и нормировании качества природных вод [2, 13, 24]. Кроме оценки качества воды информация о содержании в водоемах разных форм азота нужна при решении вопросов о балансе биогенных элементов, взаимосвязи между процессами жизнедеятельности водных организмов и химическим составом воды и т. п. [12, 13]. Поэтому исследование состояния загрязнения малых рек NO_3^- , NO_2^- и NH_4^+ является актуальным и первоочередным заданием на пути к возобновлению общего состояния водной среды.

Целью исследования является определение содержания нитратов, нитритов, аммонийного азота и их соотношения в воде малых рек экосистем с разным уровнем антропогенной нагрузки Ровенского Полесья.

Материалы и методы исследований

На территории Ровенской области (Украина) условно выделены 4 типа территорий, которые отличаются по уровню антропогенной нагрузки: рекреационная, аграрная, урбанизированная и техногеннотрансформированная территории (рис. 1). Ввиду того, что к основным объектам природно заповедного фонда территории исследований принадлежит Ровенский природный заповедник, который состоит из четырех массивов, один из которых расположен в Рокитновском районе, и региональный ландшафтный парк «Припять-Стоход», который расположен в Заречненском районе, к рекреационной территории были отнесены Заречненский и Рокитновский районы Ровенской области. Поскольку наиболее распаханными являются южные районы области (Радивилковский, Дубенский, Млиновский и Демидовский), они были отнесены к аграрной территории. В качестве урбанизированной территории выбран г. Ровно, техногеннотрансформированной — Здолбуновский район, в котором

сосредоточены промышленные предприятия: ОАО «Укрцемремонт» и ОАО «Здолбуновский ремонтно-механический завод».



Рисунок 1. Локализация на карте Ровенской области исследованных территорий с разным уровнем антропогенной загрузки

С целью оценки качества водных объектов использованы результаты анализов химического состава воды [18, 19, 20]. В частности, проанализированы пробы воды из 13 рек, отобранные на протяжении 2005—2010 гг. Для определения массовой концентрации азотосодержащих соединений образцы воды были отобраны в разных точках в соответствии с уровнем антропогенной нагрузки территории. Были исследованы 143 образца воды из 37 точек 8 районов Ровенской области и г. Ровно, размещенных на территориях с разным уровнем антропогенного загрязнения. В частности, из малых рек рекреационной территории было исследовано 28 проб воды, урбанизированной — 43, аграрной, и техногеннотрансформированной, соответственно, 46 и 26 проб.

В исследуемых точках отбирали по 200 см³ воды, консервировали, добавляя на 1 дм³ исследуемой воды 2—4 см³ хлороформа.

Нитраты определяли колориметрически с фенолдисульфокислотой с образованием нитрофенола [3]. Определение содержания нитритов осуществляли с помощью реактива Грисса с образованием диазосоединения с 1-нафтиламином. Содержание аммония определяли фотометрическим методом по качественной реакции с реактивом Несслера.

Полученные данные обрабатывали статистически [9].

Результаты исследований и их обсуждение

В Ровенской области насчитывается 170 рек, общая длина которых составляет 4,45 тыс. км и протекает 1204 небольших водотока — ручья (длиной от 0,5 до 10 км) общей протяженностью свыше 3,29 тыс. км. Все они принадлежат к бассейну реки Припять, которая протекает по северо-западной окраине области на протяжении 20 км. Наибольшие ее притоки — Горынь, Случь, Замчиско, Устья, Стырь и Иква. Это главные реки области и они имеют многочисленные притоки. Все вышеупомянутые реки, кроме Замчиско и Устья, транзитные [18].

Основное направление течения рек с юга на север предопределено общим снижением в этом направлении высотных отметок поверхности. В пределах Полесья склоны рек небольшие и изменяются от 0,3 до 0,6 %. Здесь реки имеют широкие, заболочиваемыми заводами, долины, в которых есть много стариц, озер, в связи с чем вода часто застаивается. Водное питание рек является смешанным, с преобладающим снежным, часть которого является более значительной для полесских рек и малой для рек лесостепной части области [17].

Сток рек на протяжении года неравномерный, что определяется как зональными факторами (осадки и испарения), так и геоморфологическим строением бассейнов, условиями гидрогеологии, характером почв, растительного покрова, хозяйственной деятельности. Максимальные расходы воды наблюдаются во время весеннего паводка, в то время как малые реки больше всего воды несут во время ливневых паводков летне-осеннего периода [10, 17]. Изменения объема и скорости стока вызывают антропогенные факторы [7, 23]. Постоянно вносит изменения в режим стока и структуру речной сети осушение бассейнов [4, 14].

Источники загрязнения водоемов многочисленны и разнообразны. Основными из них являются: атмосферные осадки, что содержат загрязняющие вещества промышленного происхождения, которые вымываются из атмосферы; городские сточные воды (бытовые, канализационные стоки, которые содержат вредные для здоровья синтетические моющие средства и др.); сельскохозяйственные сточные воды (отходы животноводческих комплексов, смывы с полей дождями и весенними талыми водами и др.); неочищенные или недостаточно очищенные промышленные сточные воды [22]. Наибольшее антропогенное влияние испытывают поверхностные воды, которые в течение последних десятилетий все чаще выступают приемниками недоочищенных отработанных вод, бытовых отходов и другого мусора. Уровень влияния на качественные и количественные характеристики поверхностных вод зависит от места расположения бассейнов рек и их эколого-экономических особенностей [8, 25].

Обсуждение результатов. В пробах исследуемой воды нами было обнаружено такое среднее содержание нитратов, нитритов и аммонийного азота (табл. 1).

Таблица 1.

Среднее содержание нитратов, нитритов и аммонийного азота
в воде малых рек экосистем с разным уровнем антропогенной
нагрузки Ровенщины в период 2005—2010 гг., мг/дм³
($M \pm m$; $n=3-12$)

Характер антропогенной нагрузки территории	Содержание, мг/дм ³			
	[NO ₃ ⁻]	[NO ₂ ⁻]	[NH ₄ ⁺]	[NO ₃ ⁻]:[NO ₂ ⁻]: [NH ₄ ⁺]
<i>2005 год</i>				
Рекреационная	2,06±0,42	0,07±0,01	0,33±0,09	1:0,03:0,16
Аграрная	11,13±1,64	0,43±0,14	0,40±0,08	1:0,01:0,03
Урбанизированная	12,24±4,67	0,20±0,02	0,84±0,19	1:0,1:0,6
Техногенно-трансформированная	4,08±0,57	0,12±0,04	0,46±0,07	1:0,03:0,1
<i>2006 год</i>				
Рекреационная	0,06±0,01	0,03±0,005	0,16±0,03	1:0,5:2,7
Аграрная	0,10±0,01	0,38±0,07	0,41±0,05	1:2,8:2,7
Урбанизированная	0,10±0,01	0,32±0,10	1,03±0,12	1:3,1:10,3
Техногенно-трансформированная	0,13±0,02	2,70±0,81	1,03±0,40	1:20,8:7,9
<i>2007 год</i>				
Рекреационная	0,04±0,00	0,02±0,005	0,09±0,01	1:0,5:2,2
Аграрная	0,11±0,01	0,37±0,14	0,21±0,03	1:3,4:1,9
Урбанизированная	0,12±0,01	0,18±0,05	0,44±0,07	1:2:3,7
Техногенно-трансформированная	0,09±0,02	1,10±0,41	0,59±0,07	1:16,2:6,6
<i>2008 год</i>				
Рекреационная	0,06±0,01	0,02±0,005	0,12±0,01	1:0,3:2
Аграрная	0,15±0,06	0,20±0,07	0,18±0,02	1:1,3:1,2
Урбанизированная	0,08±0,01	0,18±0,02	0,21±0,03	1:2,2:3
Техногенно-трансформированная	0,26±0,08	1,30±0,28	0,60±0,34	1:5:3,1
<i>2009 год</i>				
Рекреационная	0,02±0,00	0,02±0,005	0,12±0,03	1:1:6
Аграрная	0,13±0,01	0,43±0,07	0,48±0,05	1:3,3:4
Урбанизированная	0,07±0,01	0,38±0,07	0,69±0,06	1:5,4:9,9
Техногенно-трансформированная	0,16±0,03	1,83±0,55	1,26±0,61	1:4,9:1,6
<i>2010 год</i>				
Рекреационная	1,59±0,29	0,14±0,03	0,59±0,10	1:0,09:0,37
Аграрная	9,91±0,01	0,01±0,0055	0,09±0,01	1:0,01:0,01
Урбанизированная	1,69±0,27	0,10±0,02	0,24±0,03	1:0,06:0,14
Техногенно-трансформированная	2,45±0,52	1,11±0,25	0,26±0,06	1:0,45:0,11

Нитраты. Наивысшее содержание нитратов в воде исследуемых рек выявлено в 2005 и 2010 годах. В воде рек всех исследуемых территорий на протяжении 2005 г. содержание NO_3^- в воде было наивысшим по сравнению со следующими годами и значительно превышало их показатели, часто в 15—150 раз. Наибольшие концентрации нитратов в воде были зафиксированы на аграрной ($11,13 \text{ мг/дм}^3$) и урбанизированной ($12,24 \text{ мг/дм}^3$) территориях, обе в пределах ПДК (ПДК_{(NO_3^-)рыбхоз.} = $40,0 \text{ мг/дм}^3$ [21]), однако соотношение $[\text{NO}_3^-]:[\text{NO}_2^-]:[\text{NH}_4^+]$ в первом случае составляло 1:0,01:0,03, а во втором — 1: 0,1: 0,6. В 2006—2007 гг. показатель содержания нитратов на всех исследуемых территориях был почти одинаков и колебался от $0,04 \text{ мг/дм}^3$ на рекреационной территории до $0,13 \text{ мг/дм}^3$ на техногенно-трансформированной территории. В 2008 г. на техногенно-трансформированной территории наблюдается повышение содержания нитратов до $0,26 \text{ мг/дм}^3$ (в пределах ПДК), а на других исследуемых территориях концентрация нитратов оставалась на постоянном уровне и составляла от $0,06 \text{ мг/дм}^3$ до $0,15 \text{ мг/дм}^3$. В 2009 г. на рекреационной территории была обнаружена наименьшая за период исследования концентрация нитратов, которая составляла $0,02 \text{ мг/дм}^3$, притом, что наибольшая в этом году (на техногенно-трансформированной) — составила $0,16 \text{ мг/дм}^3$, а соотношение $[\text{NO}_3^-]:[\text{NO}_2^-]:[\text{NH}_4^+]$ составляло, соответственно, 1:1:6 и 1:4,9:1,6. Как увеличение, так и уменьшение содержания нитратов в воде малых рек Ровенщины на всех исследованных территориях на протяжении периода исследования было несущественным, а уровень концентраций NO_3^- не превышал ПДК.

Таким образом, в воде малых рек всех исследованных территорий концентрация нитратов в период с 2006 г. по 2009 г. была относительно постоянной и составляла в среднем $0,045 \text{ мг/дм}^3$, изменяясь от $0,02 \text{ мг/дм}^3$ до $0,26 \text{ мг/дм}^3$. На протяжении исследований зафиксировано 2 пика повышения содержания нитратов на всех обсуждаемых территориях Ровенской области — в 2005 и 2010 гг.

Нитриты. Содержание нитритов в воде малых рек Ровенщины на всех территориях, кроме рекреационной, несколько превышает ПДК (ПДК_{(NO_2^-)рыбхоз.} = $0,08 \text{ мг/дм}^3$ [21]). В частности, в 2005 году концентрация нитритов в воде рек на аграрной территории была наивысшей ($0,43 \text{ мг/дм}^3$), на рекреационной — наименьшей ($0,07 \text{ мг/дм}^3$), причем соотношение между ними составило 6:1. В следующем 2006 г. наблюдалась такая тенденция: средние показатели содержания нитритов в воде по сравнению с 2005 г. уменьшились на рекреационной территории в 2 раза (до $0,03 \text{ мг/дм}^3$) и на аграрной территории — от $0,43 \text{ мг/дм}^3$ до $0,38 \text{ мг/дм}^3$, а на урбанизированной и техногенно-трансформированной территориях, напротив, увеличились, соответственно, в первом случае в 1,6 раза (от $0,20$ до $0,32 \text{ мг/дм}^3$), во втором — в 22,5 раз (от $0,12$ до

2,70 мг/дм³), что превышает ПДК в 33 раза. В 2007 г. наименьшее содержание NO₂⁻ было обнаружено в воде рекреационной территории (0,02 мг/дм³), наибольшее — техногеннотрансформированной (1,10 мг/дм³), где превышало ПДК в 13 раз, соотношение между ними составило 1:55. В 2008-2010 гг. наименьшее содержание нитритов в воде малых рек Ровенщины также было зафиксировано на рекреационной территории (0,02 мг/дм³), наибольшее — на техногеннотрансформированной территории (1,93 мг/дм³), где превышало ПДК в 24 раза, соотношение между ними составило 1:96.

Следовательно, в течение всего периода наблюдений содержание нитритов превышало ПДК, иногда в десятки раз, что вместе с многократным превышением содержания NO₂⁻ над содержанием NO₃⁻, свидетельствует о смещении баланса нитратного азота в сторону нитритов, возможно, в связи с задержкой окисления нитрит-иона в нитрат-ион в конкретных физико-химических условиях и благодаря специфическому бактериальному составу воды, которые определяют скорость такого окисления.

Аммонийный азот. В 2005 г. концентрация аммонийного азота была в пределах ПДК (ПДК_{(NH₄⁺)рыбхоз.}=0,5 мг/дм³ [21]) в воде рек всех исследуемых территорий, кроме урбанизированной, и колебалась в пределах от 0,33 до 0,46 мг/дм³. На урбанизированной территории наблюдали незначительное (в 1,5 раза) превышение ПДК аммонийного азота и содержание NH₄⁺ составляло 0,84 мг/дм³. В 2006 г. наименьшие концентрации аммонийного азота наблюдались в воде рек рекреационной территории (0,16 мг/дм³), наибольшие — техногеннотрансформированной и урбанизированной (1,03 мг/дм³), последние превышали ПДК в 2 раза. В 2007—2008 гг., как и в 2006 г., наименьшая концентрация аммонийного азота была обнаружена в воде рек рекреационной территории (0,09—0,12 мг/дм³), наибольшая — техногеннотрансформированной (0,59—0,60 мг/дм³), соотношение между ними составило, соответственно, 1:6,5 и 1:5. В 2009 г. наибольшее содержание аммонийного азота обнаружено также на техногеннотрансформированной территории, и его величина превышала ПДК(NH₄⁺) в 2,5 раза.

Повышенное содержание ионов аммония свидетельствует об ухудшении санитарного состояния не только поверхностных вод, но и водных источников Ровенской области. Значительный рост концентрации NH₄⁺ может быть вызван поступлением в грунтовые воды хозяйственно-бытовых сточных вод, нитратных и органических удобрений.

Соотношение [NO₃⁻]:[NO₂⁻]:[NH₄⁺]. В 2006 г. было зафиксировано значительное повышение соотношения содержания неорганических соединений азота [NO₃⁻]:[NO₂⁻]:[NH₄⁺] в воде малых рек Ровенщины на урбанизированной (1:3,1:10,3) и техногеннотрансформированной территориях (1:20,8:7,9), но на протяжении 2007—2010 гг. наблюдалось

постепенное уменьшение данного показателя до величин 1:0,09:0,14 и 1:4,5:0,11, соответственно. На протяжении периода исследования в целом наибольшее соотношение $[\text{NO}_3^-]:[\text{NO}_2^-]:[\text{NH}_4^+]$ в поверхностных водах Ровенщины было отмечено на территориях урбанизированной и техногенно трансформированной, а именно, в 2005 и 2009 гг. — на урбанизированной, а в 2006—2008 и 2010 гг. — на техногенно трансформированной. Самое низкое соотношение содержания неорганических соединений азота зафиксировано на аграрной территории в 2005 г. (1:0,01:0,03) и в 2010 г. (1:0,00:0,00), самое высокое — на техногенно трансформированной (1:20,8:7,9) — в 2006 г.

Заметим, что в речной воде практически всех исследованных территорий, кроме техногенно трансформированной, содержание аммонийного азота является наивысшим. В 2006—2008 гг. только на урбанизированной, а в 2009 г. — на всех территориях в 3—5 раз меньшим, чем содержание аммонийного азота, было содержание нитритов, соответственно, наименьшим — нитратов. Такая закономерность хорошо соотносится с химической (биохимической) цепью окисления этих соединений азота: $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$.

Близкое к равномерному соотношение исследованных соединений азота свидетельствует о естественном состоянии протекания процесса окисления. Относительно его скорости следует заметить, что экосистемы водоемов справляются с превращением и фиксацией этих соединений, поскольку превышения значений ПДК для нитратного азота не обнаружено.

Однако, в воде рек техногенно трансформированной территории наблюдается другой характер соотношения со стойким преобладанием среди всех исследованных соединений нитритов, концентрация которых может превышать содержание нитратов в 5—20 раз, а аммония — больше, чем в 2 раза.

Слабо выраженная тенденция таких изменений в отдельные годы наблюдалась и в воде рек аграрной территории. Фиксирование в экосистемах азота преимущественно в составе нитритов свидетельствует как об интенсивном окислении аммония, так и о блокировке нитритоксидазного пути образования нитратов. Вероятно, что химический состав воды техногенно загрязненных рек блокирует окисление благодаря сниженному содержанию кислорода и уменьшению бактериального населения с соответствующей оксидоредуктазной активностью. Ввиду того, что в этой воде накапливаются нитриты, которые имеют самое низкое значение ПДК, качество воды в этих реках является самым низким.

Выводы

Исследование содержания нитратов, нитритов и аммонийного азота в воде малых рек экосистем с разным уровнем антропогенной нагрузки

Ровенщины показало, что наименьшее среднее содержание нитратов было обнаружено в воде малых рек рекреационной территории, наибольшее — урбанизированной и аграрной.

Наименьшие концентрация нитритов наблюдались в воде малых рек рекреационной территории, наибольшие — техногеннотрансформированной. Высокое содержание нитритов и нитратов в воде малых рек техногеннотрансформированной территории, скорее всего, может быть связано с попаданием в поверхностные воды промышленных и коммунальных выбросов, а урбанизированной — коммунальных стоков.

Наибольшие концентрации аммонийного азота наблюдались в воде малых рек техногеннотрансформированной и урбанизированной территорий, и превышали предельно допустимую концентрацию, соответственно, в 2,5 и 2 раза. Наименьшее содержание аммонийного азота было обнаружено в пределах ПДК на рекреационной территории.

В воде рек техногеннотрансформированной территории выявлено стойкое преобладанием среди всех исследованных веществ нитритов, концентрация которых может превышать содержание нитратов в 5—20 раз, а аммония — больше, чем в 2 раза, что свидетельствует о накоплении в экосистемах азота преимущественно в составе нитратов, а также как об интенсивном окислении аммония, так и о блокировке окисления нитритов в нитраты.

Список литературы:

1. Бескровная М. В. Оптимизация процесса биологического удаления минерального азота из сточных вод // Вода і водоочисні технології. 2008. № 3 (27). С. 44—48.
2. Брагинский Л. П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности // Гидробиол. журн. 1985. Т. 21, № 6. С. 65—73.
3. Вода питьевая. Методы анализа. Государственные стандарты СССР. М, 1984. 324 с.
4. Водогрещий В. Е. Антропогенное изменение стока малых рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 176 с.
5. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справочные материалы / [под ред. Т. В. Гусева]. М.: ФОРУМ; ИНФРА—М, 2007. 192 с.
6. Ключенко П. Д. Динамика неорганических соединений азота в загрязненных малых реках в связи с развитием фитопланктона (на примере некоторых притоков Днепра) // Гидробиол. журн. 1995. Т. 31, № 1. С. 95—102.
7. Ключенко П. Д. Содержание неорганических соединений азота и развитие фитопланктона в некоторых типах водоемов // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29, № 6. С. 88—95.
8. Колесник И. А. Состояние химического загрязнения рек Украины и его динамика во второй половине XX столетия // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. К.: Ніка-Центр, 2000. Т. 1. С. 72—77.

9. Лакин Г. Ф. Биометрия . М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
10. Мережко А. И. Проблемы малых рек и основные направления их исследования // Гидробиол. журнал. 1998. Т. 34, № 6. С. 66—71.
11. Опополь Н. И., Добрянская Е. В. Нитраты: гигиенические аспекты, проблемы. Кишинев, 1986. 186 с.
12. Соколов О. А., Семенов В. М., Агаев В. А. Нитраты в окружающей среде. Пушкино, 1990. 317 с.
13. Стабникова Е. В., Телешева С. В., Мальш Н. А., Стабников В. П. Изучение уровня содержания азотных соединений в подземных водах Украины // Науч. раб. Укр. гос. Ун-та пищ. технол. 2000. № 6. С. 85—87.
14. Хвесик М. А. Региональный анализ формирования качества поверхностных вод // Экологические проблемы Украины и пути их решения. К.: СОПС Украины АН Украины, 1991. С. 39—45.
15. Гидрогеология: Курс лекций Стендсфордского университета [электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://geohydrology.ru/> (дата обращения: 26.01.12).
16. Васильчук Т. О., Клоченко П. Д., Бусигіна О. В. Компонентний склад розчинених органічних речовин р. Прип'ять та його зв'язок з розвитком фітопланктону // Наук. зап. Тернопільського пед. ун-ту. Серія: Біологія. 2001. № 3(14). С. 182—184.
17. Геренчук К. І. Природа Рівненської області. Львів: Вища шк., 1976. 156 с.
18. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2003 р. Рівне: Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області, 2004. 187 с.
19. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2008 р. Рівне: Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області, 2009. 199 с.
20. Екологічний паспорт Рівненської області за даними 2005—2010 року. Рівне: Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області, 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011.
21. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм (№ 12-04-11 від 09.08.1990).
22. Коротун І. М., Коротун Л. К. Географія Рівненської області. Рівне: Кабінет редакційно-видавничої діяльності та друкованої пропаганди передового педагогічного досвіду Рівненського інституту підвищення кваліфікації педагогічних кадрів, 1996. 274 с.
23. Пластунов Б. А. Про нормативне забезпечення моніторингу води водних об'єктів // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: Міжнар. наук.-практ. конф. Харків, 2005. Т. 1. С. 347—351.
24. Руденко Л. Г., Денісова О. І., Яцик А. В. Екологічна оцінка сучасного стану поверхневих вод (методичні аспекти) // Укр. геогр. журн. 1996. № 3. С. 35—38.
25. Собко Л. В. Динаміка вмісту нітратів і нітритів у питній воді Кременецького району у весняно-літній період // Наук. зап. Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. вип. «Гідроекологія». 2010. № 2(43). С. 454—459.

СОДЕРЖАНИЕ К-40 В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАЗАХСТАНА

Липихина Александра Викторовна

*канд. биол. наук, старший научный сотрудник, РГКП «НИИ
радиационной медицины и экологии», г. Семей, Казахстан
E-mail: a.v.lipikhina@mail.ru*

Жакупова Шолпан Болатовна

*магистр естественных наук, инженер-эколог, РГКП «НИИ
радиационной медицины и экологии», г. Семей, Казахстан
E-mail: zh.sholpan.88@mail.ru*

Зингатинова Зухра Сансызбаевна

*стажер-исследователь, РГКП «НИИ радиационной медицины и
экологии», г. Семей, Казахстан
E-mail: zingatinovazs@mail.ru*

Апсаликов Рустем Казбекович

*студент, Государственный медицинский университет,
г. Семей, Казахстан
E-mail: 786_rus@mail.ru*

Калий — важнейший биогенный элемент, особенно в растительном мире. В организме человека, как основной внутриклеточный катион калий имеет прямое отношение к процессам синтеза белка, обмену глюкозы. Ежедневная потребность 2—4 г [2].

Природный элемент калий состоит из трех изотопов: ^{39}K (93,98 %), ^{40}K (0,0119 %) и ^{41}K (6,91 %). Из них ^{40}K является радиоактивным изотопом с периодом полураспада $1,3 \cdot 10^9$ года [4].

Так как в природных условиях изотопный состав элементов не меняется, то всюду, где бы ни находился элемент калия, он всегда сопровождается своим радиоактивным изотопом ^{40}K и, следовательно, постоянно излучает поток электронов и γ -кванты. В каждом грамме природного калия в секунду распадается в среднем 32 ядра ^{40}K , благодаря чему, например, в организме человека весом 70 кг ежесекундно происходит около 4000 радиоактивных распадов.

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников радиации. Из всех терригенных

радионуклидов К-40 имеет особую значимость, поскольку не только широко распространен в природе, но и будучи биогенным элементом, в основном обуславливает постоянное внутреннее γ - и β -облучение живых организмов [1].

Цель исследования — изучить активность К-40 в объектах окружающей среды урбанизированных территорий Казахстана.

Объекты исследования — почва, растения, воздух на открытой местности, вода, потребляемая населением, продукты питания (молоко, мясо, овощи) в 13 населенных пунктах Казахстана. Выбранные населенные пункты, находятся в зоне влияния отраслей промышленности: нефтедобывающей — Актау, Жанаозен, угледобывающей — Экибастуз, Солнечный, металлургической — Темиртау, Чкалово, цветной металлургии — Усть-Каменогорск, Солнечный, химической — Тараз, уранодобывающей — Созак, Шолаккорган и естественно радононосный регион — Щучинск, Боровое.

Проботбор объектов окружающей среды проводился по стандартным методикам: Ми 5-06.001.98 (для проб почвы), СТ РК 15.09-2006 (для продуктов питания), СТ РК ГОСТ Р-51592-2003.

Методика бета-, гамма спектрометрии была выполнена на соответствующем спектрометре с использованием программного обеспечения «LSRM». Данная методика наиболее эффективна, т. к. обладает высокой точностью и чувствительностью.

Для решения поставленных задач было проведено исследование 71 пробы воздуха, 134 проб почвы, 130 проб растений, 285 проб продуктов питания, 76 проб воды.

По результатам исследований выявлено, что средняя объемная активность К-40 в воздухе всех исследованных населенных пунктов значительно, на 6 порядков, ниже установленных норм [3] (таблица 1). Среднее значение для всех населенных пунктов составляет $5,5E-5$ Бк/м³, при минимально и максимально зарегистрированных значениях $0,3E-5$ Бк/м³ (Жанаозен) и $9,0E-5$ Бк/м³ (Тараз).

Активность К-40 в почве, растениях, молоке, мясе, овощах не нормируется. Однако полученные результаты среднего значения по каждому населенному пункту ниже справочных значений. Выявлены отдельные локальные превышения справочных значений К-40 в растениях г. Тараз, п. Глубокое, п. Шолаккорган, г. Жанаозен.

Таблица 1.

Активность К-40 в объектах окружающей среды исследованных населенных пунктов

Населенный пункт	активность К-40,						в воде, Бк/кг
	в воздухе, Бк/м ³	в почве, Бк/кг	в растениях, Бк/кг	в молоке, Бк/кг	в мясе, Бк/кг	в овошах, Бк/кг	
НРБ	3,1E+1	-	-	-	-	-	22
г. Темиртау	<u>6,4E-5</u> (4,9-7,0)E-5	<u>437,09</u> 325-609	<u>196,2</u> 147-290	<u>61,83</u> 54-75	<u>91,0</u> 65-117	<u>105,5</u> 66-142	<u>2,3</u> 2,2-2,4
п. Чкалово	<u>5,4E-5</u> (3,9-6,5)E-5	<u>474,4</u> 430-554	<u>183,8</u> 106-279	<u>54,66</u> 49-59	<u>85,0</u> 81-90	<u>213,3</u> 112-329	<u>3,74</u> 0,9-12
г. Щучинск	<u>6,3E-5</u> (6,1-6,5)E-5	<u>648,25</u> 410-880	<u>168,2</u> 88-398	<u>37,33</u> 33-41	<u>79,33</u> 58-82	<u>102,4</u> 45-139	<u>1,45</u> 0,9-2
п. Боровое	<u>8,0E-5</u> 8,0E-5	<u>919,4</u> 611-1180	<u>148,4</u> 122-201	<u>35,5</u> 30-41	<u>52,5</u> 41-64	<u>79,33</u> 45-128	<u>1,73</u> 1,1-2,2
г. Усть-Каменогорск	<u>7,0E-5</u> (6,1-7,8)E-5	<u>529,09</u> 450-690	<u>240,4</u> 124-388	<u>32,25</u> 26-37	<u>51,0</u> 34-74	<u>108,25</u> 55-141	<u>2,0</u> 1-3
п. Глубокое	<u>5,9E-5</u> 5,9E-5	<u>534,0</u> 500-610	<u>278,6</u> 177-458	<u>60,33</u> 55-69	<u>41,0</u> 41	<u>130,5</u> 70-182	<u>2,5</u> 2-3
г. Тараз	<u>7,4E-5</u> (2,6-9,0)E-5	<u>625,47</u> 500-802	<u>354,6</u> 217-624	<u>28,40</u> 24-33	<u>65,33</u> 52-79	<u>100,30</u> 27-142	<u>3,1</u> 2-6
п. Созак	<u>5,4E-5</u> (4,6-6,6)E-5	<u>505,9</u> 230-700	<u>220,0</u> 143-328	<u>28,50</u> 19-37	<u>69,40</u> 55-88	<u>91,20</u> 37-142	<u>2,4</u> 1-3
п. Шолаккорган	<u>5,1E-5</u> (3,9-6,6)E-5	<u>514,4</u> 380-679	<u>261,2</u> 151-478	<u>41,80</u> 32-46	<u>77,25</u> 49-83	<u>91,40</u> 29-254	<u>2,1</u> 3-11
г. Актау	<u>2,2E-5</u> (0,8-4,0)E-5	<u>228,0</u> 47-340	<u>250,2</u> 114-348	<u>28,30</u> 25-31	<u>63,40</u> 25-101	<u>58,11</u> 31-112	<u>1,6</u> 1-2
г. Жанаозен	<u>3,2E-5</u> (0,3-2,7)E-5	<u>330,1</u> 210-431	<u>256,7</u> 199-329	<u>37,25</u> 27-61	<u>101,37</u> 61-181	<u>74,27</u> 19-151	<u>1,8</u> 1-3
г. Экибастуз	<u>4,3E-5</u> (3,3-6,3)E-5	<u>403,2</u> 300-720	<u>211,4</u> 106-298	<u>31,0</u> 26-33	<u>61,80</u> 31-89	<u>71,56</u> 33-145	<u>1,2</u> 1-2
п. Солнечный	<u>4,5E-5</u> (3,6-6,2)E-5	<u>417,0</u> 340-609	<u>203,3</u> 178-231	<u>32,25</u> 31-34	<u>70,71</u> 31-124	<u>71,56</u> 33-145	<u>1,6</u> 1-3

Примечание: в числителе среднее значение по населенному пункту, в знаменателе пределы вариации.

В среднем для всех исследованных населенных пунктов активность К-40 в почве равна 505,1 Бк/кг, минимально выявленная активность в г. Актау (47 Бк/кг), а максимально в п. Боровое (1180 Бк/кг). В растениях активность исследуемого изотопа в среднем для всех населенных пунктов составляет 228,7 Бк/кг, варьируя в широких пределах от 88 Бк/кг (г. Щучинск) до 624 Бк/кг (г. Тараз).

Выявлено, что в молоке активность К-40 в исследованных населенных пунктах равномерна, отличаясь по регионам в 4 раза.

Среднее значение по всем населенным пунктам составляет 39,4 Бк/кг, пределы вариации 19 Бк/кг (п. Созак) — 75 Бк/кг (г. Темиртау).

Средняя активность исследуемого радионуклида в мясе по всем населенным пунктам равна 70,7 Бк/кг, при колебании от 31 до 117 Бк/кг (п. Солнечный — г. Темиртау).

В овощах активность варьирует в широких пределах от 19 Бк/кг до 329 Бк/кг, среднее значение по всем населенным пунктам — 93,9 Бк/кг.

Активность в воде на порядок ниже установленного уровня вмешательства. Среднее значение активности по населенным пунктам составляет 2,1 Бк/кг, минимально и максимально выявленные значения 0,9—12 Бк/кг в г. Щучинске и п. Чкалово соответственно.

В продуктах питания активность К-40 снижается в следующем ряду: овощи > мясо > молоко > вода. Таким образом, внутренне поступление К-40 в первую очередь связано с потреблением овощей. Из исследованных видов овощей наибольшая активность статистически достоверно выше в картофеле.

По активности К-40 населенные пункты убывают в следующей последовательности:

- в воздухе в 3,6 раза: Боровое > Тараз > Усть-Каменогорск > Темиртау > Щучинск > Глубокое > Чкалово = Созак > Шолаккорган > Солнечный > Экибастуз > Жанаозен > Актау;

- в почве в 4,0 раза: Боровое > Щучинск > Тараз > Глубокое > Усть-Каменогорск > Шолаккорган > Созак > Чкалов > Темиртау > Солнечный > Экибастуз > Жанаозен > Актау;

- в растениях в 2,4 раза: Тараз > Глубокое > Шолаккорган > Жанаозен > Актау > Усть-Каменогорск > Созак > Экибастуз > Солнечный > Темиртау > Чкалово > Щучинск > Боровое;

- в молоке в 2,2 раза: Темиртау > Глубокое > Чкалово > Шолаккорган > Щучинск > Жанаозен > Боровое > Усть-Каменогорск = Солнечный > Экибастуз > Созак > Тараз > Актау;

- в мясе в 2,5 раза: Жанаозен > Темиртау > Чкалово > Щучинск > Шолаккорган > Солнечный > Созак > Тараз > Актау > Экибастуз > Боровое > Усть-Каменогорск > Глубокое;

- в овощах в 3,7 раза: Чкалово > Глубокое > Усть-Каменогорск > Темиртау > Щучинск > Тараз > Шолаккорган > Созак > Боровое > Жанаозен > Экибастуз = Солнечный > Актау;

- в воде в 3,1 раза: Чкалово > Тараз > Глубокое > Созак > Темиртау > Шолаккорган > Усть-Каменогорск > Жанаозен > Боровое > Актау = Солнечный > Щучинск > Экибастуз.

Четкой тенденции наибольшей и наименьшей активности К-40 в объектах окружающей среды по исследованным населенным пунктам не выявлено.

Выявлены тесные корреляционные связи между содержанием К-40 в почве и воздухе ($r=0,89$), а также в овощах и воде ($r=0,71$). Между другими исследованными объектами выявлены слабые связи.

Таким образом, загрязнение радионуклидом К-40 компонентов среды не обнаружено. Содержание радионуклида в объектах окружающей среды соответствует фоновому значению, и опасности не представляет.

Список литературы:

1. Бекман И. Н. Радон: враг, врач и помощник. Курс лекции. [электронный ресурс] — Режим доступа. URL: <http://profbeckman.narod.ru/rad.htm> (дата обращения: 27.12.2011)
2. Минералы: Справочник. — М., 1981. — Т. III. — Вып. 3. — 393 с.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). СП 2.6.1.758—99 Издание официальное. — Алматы, 2000. — 80 с.
4. Тихонов М. Н., Рылов М. И. Дозообразующие радионуклиды // Атомная стратегия. — 2011. — № 54 (май). — С. 26—28.

РОЛЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ПРОЦЕССАХ АДАПТАЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА

Цандекова Оксана Леонидовна

канд. с.-х. наук, науч. сотр., ИЭЧ СО РАН, г. Кемерово

E-mail: biomonitoring@bk.ru

Породный отвал угольного разреза «Кедровский» расположен в северной лесостепи Кемеровской области. Угледобыча открытым способом приводит к загрязнению окружающей природной среды — образованию новых форм рельефа, продуктов ветровой и водной эрозии, выветривания отвальных пород, уничтожения растительного покрова. Поэтому экологическая реабилитация техногенных земель становится социально важной и неотложной проблемой. Как отмечают некоторые исследователи, сосна является основной лесообразующей породой и одной из лучших фитомелиорантов отвалов [6, 8]. В биологической рекультивации породных отвалов угольных разрезов Кузбасса широко используется сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), которая по нетребовательности к почвенному плодородию превосходит многие лесообразующие породы [2].

При воздействии разнообразных экстремальных факторов среды у растений, в первую очередь повреждаются мембранные структуры, и, как следствие, происходит увеличение содержания малонового диальдегида (МДА) — продукта окисления липидов (ПОЛ) в растительных тканях, что связано с активацией свободнорадикальных реакций в клетках [4]. В последнее десятилетие появилось много публикаций в научных журналах, связанных с изучением содержания антиоксидантов в растениях, произрастающих в условиях промышленного загрязнения [9, 11, 12, 13, 14]. Однако до сих пор многие особенности функционирования антиоксидантной системы растений в техногенных условиях остаются неясными. В исследованиях, проведенных рядом авторов, показано увеличение активности ПОЛ мембран под действием неблагоприятных факторов среды на растительный организм [1, 3, 5, 10]. Содержание МДА может служить показателем активности окислительных процессов, обусловленных кислородными радикалами и отражать адаптационную способность растений. В связи с этим, представляет интерес изучение роли перекисного окисления липидов в процессах адаптации сосны обыкновенной в условиях породного отвала.

Исследования проведены в летний период 2011 г. В качестве объектов исследований были выбраны посадки сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) разного возраста: I (10—15 лет) и II (20—25 лет).

Площадки наблюдений (ПН) заложены на территории отвала «Южный» разреза «Кедровский». ПН 1 — спланированный отвал с нанесением потенциально плодородного слоя (ППС), ПН 2 — межотвальная впадина без нанесения ППС, ПН 3 — спланированный отвал без нанесения ППС.

Определение содержания малонового диальдегида проводили реакцией с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [7]. Экспериментальные данные обработаны с помощью компьютерных программ *Excel u Statistica 6.0*.

Проведенными исследованиями установлено, что интенсивность перекисного окисления липидов у сосны второй возрастной категории выше, чем у первого класса возраста. В июле у сосны первой возрастной категории отмечены наиболее низкие значения данного показателя от 12,11 до 13,64 нмоль/г, а во второй возрастной категории — наиболее высокие величины от 14,39 до 15,86 нмоль/г (таблица 1).

Сравнивая исследуемые площадки выявлено, что для сосны первой возрастной категории характерны более высокие значения содержания МДА без нанесения ППС, произрастающей в межотвальной впадине (ПН2), в сравнении с другими площадками наблюдений. Так, у сосны на ПН2 показатели МДА варьировали в

пределах от 13,64 до 16,59 нмоль/г, что превышало другие площадки наблюдений на 7 % (ПН1) и на 11 % (ПН3).

Интенсивность перекисного окисления липидов у сосны обыкновенной второй возрастной категории выше на спланированном отвале с нанесением ППС (ПН1), чем на других площадках. Так, на ПН1 содержание МДА находилось в пределах от 10,95 до 15,86 нмоль/г и превышало другие площадки наблюдений на 12 % (ПН2) и на 5 % (ПН3).

Таблица 1.

Содержание малонового диальдегида в хвое сосны обыкновенной, произрастающей в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский», нмоль/г

Сроки наблюдений	Площадки наблюдений					
	ПН1		ПН2		ПН3	
	10-15 лет	20-25 лет	10-15 лет	20-25 лет	10-15 лет	20-25 лет
июнь	12,84 ± 0,21	10,95 ± 0,10	16,59 ± 0,07	10,85 ± 0,34	13,20 ± 0,20	12,2 ± 0,03
июль	12,11 ± 0,14	15,86 ± 0,19	13,64 ± 0,22	14,39 ± 0,19	12,18 ± 0,18	15,28 ± 0,11
август	16,01 ± 0,15	14,21 ± 0,13	14,01 ± 0,06	11,01 ± 0,04	14,15 ± 0,13	11,42 ± 0,07

Примечание:

ПН1 — спланированный отвал с нанесением потенциально плодородного слоя (ППС)

ПН2 — межотвальная впадина без нанесения ППС

ПН3 — спланированный отвал без нанесения ППС

Таким образом, у сосны обыкновенной, произрастающей на отвале с нанесением потенциально плодородного слоя разного возраста обнаружено усиление активности окислительных процессов, которые выражались в увеличении содержания МДА. Это свидетельствует о том, что нанесение ППС не оказывало положительного влияния на адаптивные реакции сосны.

Список литературы:

1. Барабой В. А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов // Успехи современной биологии, 1991, 111(6). — С. 923—931.
2. Баранник Л. П., Николайченко В. П. Лесная фитомелиорация техногенных земель в Кузбассе // Вестник Кузбасского технического университета. — Кемерово, 2007. — № 5. — С. 101—102.

3. Ерофеева Е. А., Наумова М. М., Лисицина О. Н. Сравнительный анализ влияния среднего стресса на содержание диеновых конъюгатов и малонового диальдегида в листовой пластинке березы повислой, произрастающей в условиях городской среды: Материалы международной конференции «Современная физиология растений: от молекул до экосистем». Сыктывкар, 2007, ч. 2. — С. 133—135.
4. Жиров В. К., Голубева Е. И., Говорова А. Ф., Хаитбаев А. Х. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения на Крайнем Севере / Отв. редактор Е. Е. Кислых. — М.: Наука, 2007. — С. 10—12.
5. Кияк Н. Я. Действие свинца на интенсивность процессов ПОЛ на разных этапах развития гаметофита мха *Fumariahygrometrica* Hedw.: Материалы международной конференции «Современная физиология растений: от молекул до экосистем». Сыктывкар, 2007, ч. 2. — С. 187—189.
6. Кузьмина Г. М. Культуры сосны в техногенных условиях КАТЭКА // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы международного совещания. — Екатеринбург, 1997. — С. 60—75.
7. Некрасова Г. Ф., Киселева И. С. Экологическая физиология растений: руководство к лабораторным и практическим занятиям. — Екатеринбург: Уральский государственный университет, 2008. — С. 28—29.
8. Рева М. Л., Бакланов В. И., Буевский Н. М. Временные рекомендации по озеленению породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик Донбасса // Проблемы фитогигиены и охрана окружающей среды; под ред. Э. И. Слепяна. — Зоологический институт АН СССР, 1981. — 7 с.
9. Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии / Под ред. В. Н. Ореховича. М., 1977. — С. 66—68.
10. Ху Ц. Ц., Ши Г. С., Су Ц. С. и др. Воздействие Pb²⁺ на активность антиоксидантных ферментов и ультраструктуру клеток листьев *Potamogeton crispus* // Физиология растений, 2007, 54(3). — С. 469—474.
11. Bhattacharjee S. Membrane lipid peroxidation, free radical scavengers and ethylene evolution in *Amaranthus* as affected by lead and cadmium // *Biologia plantarum*. — 1997/1998. — V. 40. — P. 131—135.
12. Posmyk M. M., Bailly C., Szafránska K, Jana K. M., Corbineau F. Antioxidant Enzymes and Isoflavonoids in Chilled Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Seedling // *J. Plant Physiol*. — 2005. — V. 162. — P. 403—412.
13. Prasad K. V.S.K., Saradhi P. P., Sharmila P. Concerted action of antioxidant enzymes and curtailed growth under zinc toxicity in *Brassica juncea* // *Environmen. and Experimen. Botany*. 1999. — V. 42. — P. 1—10.
14. Schutzendiibel A., Polle A. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal—induced oxidative stress and protection by mycorrhization // *J. Exp. Bot*. 2002. — V. 53. — P. 1351—1365.

СЕКЦИЯ 2.

ХИМИЯ

2.1. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОДАХ КЛЮКВЫ (*OXUCOCCUS PALUSTRIS*) МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Лютикова Марина Николаевна
аспирант, СурГУ, г. Сургут
E-mail: m.lyutikova@mail.ru

Туров Юрий Прокопьевич
канд. физ.-мат. наук, доцент, СурГУ, г. Сургут
E-mail: yuri_tom@rambler.ru

Витамин С — общепризнанный антиоксидант, значение которого для организма сложно переоценить. Аскорбиновая кислота принимает участие в непрерывно происходящих в живой клетке окислительно-восстановительных процессах, и её рассматривают как мощный стимулирующий фактор для укрепления иммунной системы, повышающий устойчивость организма к агрессивному воздействию окружающей среды.

История открытия аскорбиновой кислоты уходит далеко в прошлое, но даже сегодня не прекращается полемика о значении витамина С для здоровья человека, об оптимальных дозах витамина, которые следует принимать, поскольку в процессе эволюции человек утратил способность синтезировать аскорбиновую кислоту в организме. Его роль в лечении простудных заболеваний, в улучшении состояния раковых больных и другие медицинские аспекты являются темами оживленных дискуссий [3].

L-Аскорбиновая кислота обнаружена в организмах многих животных и у всех представителей растительного мира, во всех частях растений, и часто в больших количествах. Рассматривая любой растительный продукт, человек оценивает его компонентный состав с точки зрения полезного действия на физиологическое состояние своего

организма. Несмотря на это, любое растение синтезирует вещества, прежде всего, в своих целях. Так, аскорбиновая кислота, обладая способностью обратимо окисляться и восстанавливаться, принимает участие в важнейших энергетических процессах растительной клетке — фотосинтезе и дыхании; является признанным антиоксидантом. Несомненно, её участие в процессах роста, цветения, вегетативной и репродуктивной дифференциации, в водном обмене, регуляции ферментативной активности, стимуляции реакций метаболизма, связанных с обменом нуклеиновых кислот и синтезом белка, в защитных реакциях растений [3, 7].

Литературные данные об уровне накопления витамина С в ягодах клюквы болотной носят довольно противоречивый характер. По одним данным концентрация витамина С по мере созревания ягод увеличивается и достигает максимального значения в полужрелом состоянии [2, 8], по другим — наибольшая его концентрация отмечается в зеленых ягодах [4]. Количество аскорбиновой кислоты в зрелой клюкве по разным источникам варьирует в широких пределах от 10 до 80 мг/100 г сырого веса ягод [1, 2, 4, 5, 8].

Широкий диапазон колебания концентрации аскорбиновой кислоты в ягодах вероятно связан не только с экологическими условиями их произрастания, но и в большей степени обусловлено тем многообразием методических приемов, которые используются разными исследователями при определении витамина С в биообъектах.

Цель наших исследований включала изучение накопления аскорбиновой кислоты в плодах дикорастущей клюквы болотной, произрастающей на одной территории с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Объектом исследования послужили ягоды дикорастущей клюквы собранной в Сургутском районе (окрестности г. Когалым), который расположен на территории Ханты-Мансийского автономного округа. Сбор ягод производился в нескольких степенях зрелости: незрелая — конец июля (зеленая окраска), полужрелая — начало сентября (розовая окраска), зрелая — начало октября (темно-красная окраска), перезрелая — конец октября (бордовая окраска).

Таблица 1.

Информация о времени сбора и степени зрелости *Oxycoccus palustris*

Сбор	Время сбора	Окраска ягод	Степень зрелости ягод
1	25.07.2011	зеленая	незрелая
2	11.09.2011	розовая	полужрелая
3	02.10.2011	темно-красная	зрелая
4	28.10.2011	бордовая	перезрелая

Хроматографическое измерение концентрации аскорбиновой кислоты проводили на жидкостном хроматографе «Миличром А-02» с многоволновым УФ-детектором на колонке с обращенной фазой ProntoSIL-120-5-C18 AQ DB-2003 (диаметр колонки 2 мм, длина 75 мм, размер частиц 5 мкм). Подвижная фаза: элюент А — 4М LiClO₄+0.1М HClO₄, элюент Б — вода; градиентный режим элюирования: 40 мин от 5 до 100 % элюента Б, 3 мин 100 % элюента Б; перед вводом пробы колонку промывают 0,8 мл подвижной фазы состава «элюент А»:»элюент Б» — 95:5 (кондиционирование колонки); скорость потока: 100 мкл/мин; детектирование: многоволновой однолучевой режим детектирования при длинах волн 210, 220, 230, 240, 250, 260, 280 и 300 нм с постоянной времени 0,18 сек; температура термостатирования колонки: (21±0,3)°С; объем вводимой пробы 5 мкл. Условия хроматографирования были подобраны экспериментально.

Концентрацию витамина С в ягодах рассчитывали по методу абсолютной градуировки. Для построения градуированной зависимости готовили серию растворов аскорбиновой кислоты в диапазоне 10—100 мг/дм³, путем разбавления нужного количества основного раствора концентрацией 300 мг/дм³. Основной раствор готовили растворением навески аскорбиновой кислоты 0,03 г в бидистиллированной воде в мерной колбе емкостью 100 см³. Градуировочные растворы 10,0; 20,0; 30,0; 50,0; 75,0; 90,0 и 100,0 мг/дм³ готовили в мерной колбе объемом 50 см³.

Анализ и подготовку проб проводили на следующий день после сбора ягод непосредственно перед измерениями. 5 г гомогенизированной смеси ягод переносили в мерную колбу и доводили бидистиллированной водой в мерной колбе на 50 см³. После этого, тщательно перемешав, отобрали 10 см³ пробы и поместили в центрифужные пробирки для отделения взвешенных частиц. Центрифугирование проводили в течение 10 мин при 7400 об/мин. Надосадочную жидкость отбирали для анализа.

Хроматографирование каждого из растворов проводили в условиях, описанных выше.

Идентификацию аскорбиновой кислоты в анализируемом образце проводили по времени удерживания обнаруженной в экстракте примеси и спектральным отношениям при семи длинах волн.

На рис. 1 и 2 представлены хроматограммы стандартного раствора аскорбиновой кислоты и исследуемых образцов ягод клюквы (например: сбор 3) соответственно.

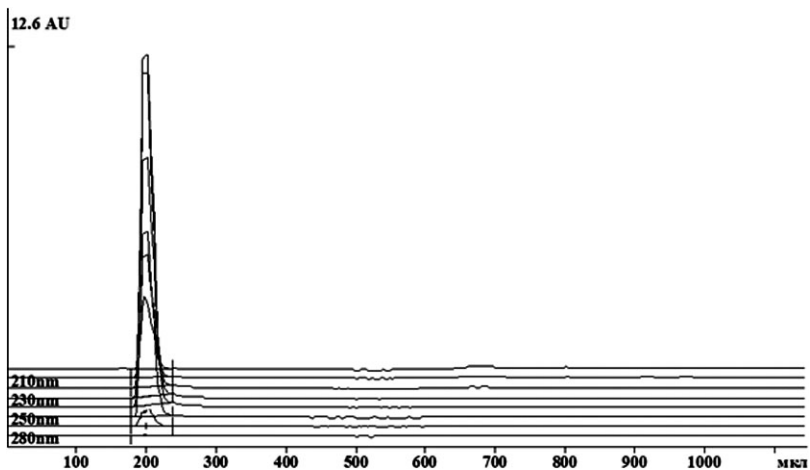


Рисунок 1. Хроматограмма стандартного раствора аскорбиновой кислоты.

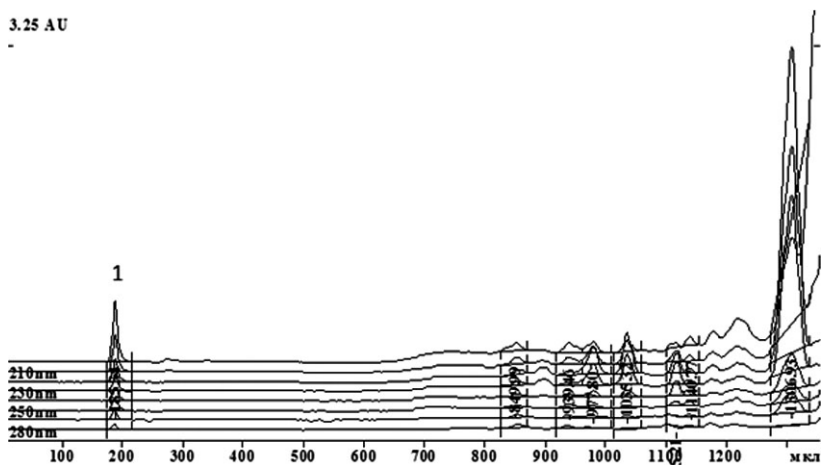


Рисунок 2. Хроматограмма экстракта ягод клюквы (Сургутский район, сбор 3).

Время удерживания стандартного образца аскорбиновой кислоты совпадает с временем удерживания обнаруженных в экстрактах примесей (пик на рис. 1. и пик 1 на рис. 2.), это позволило сделать предположение, что они соответствуют аскорбиновой кислоте.

Таблица 2.

Сравнение спектральных отношений стандартного раствора аскорбиновой кислоты и пика из экстракта ягод клюквы (сбор 3)

	S_i/S_{210}						
	S_{220}	S_{230}	S_{240}	S_{250}	S_{260}	S_{280}	S_{300}
АК	1,87	3,52	5,16	4,99	2,80	0,31	0,02
пик 1	1,86	3,53	5,12	4,95	2,78	0,030	0,02

Примечание: АК — аскорбиновая кислота.

Сравнивая спектральные отношения аскорбиновой кислоты и пика примеси из анализируемого экстракта, следует отметить их полное соответствие (табл. 2.). Кроме того, полученные спектральные параметры стандартных растворов аскорбиновой кислоты совпадают с табличными данными, приведенные в БД-2003-250 [6].

Полученные хроматограммы обрабатывали с помощью программы МультиХром (обработка данных), и был построен градуировочный график. СКО при этом составило 1,3 % (рис. 3). Градуировочный коэффициент 0,02319.

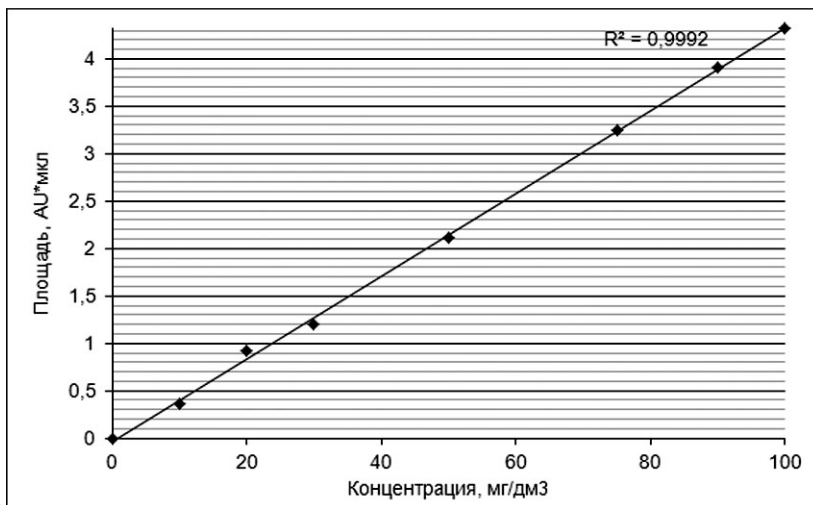


Рисунок 3. Градуировочный график для определения аскорбиновой кислоты.

Проверка воспроизводимости результатов.

Для воспроизводимости результатов провели по 7 опытов с каждым из образцов.

Для ягод клюквы сбора 1—4 получили следующие результаты (Таблица 2).

Таблица 2.

Математическая обработка результатов анализа

X	Сбор 1	Сбор 2	Сбор 3	Сбор 4
X ₁	16,186	34,275	35,991	29,808
X ₂	16,302	34,321	36,338	29,899
X ₃	16,581	34,506	36,385	30,100
X ₄	17,114	34,692	36,594	30,193
X ₅	17,276	34,808	36,640	30,564
X ₆	17,508	35,040	36,849	30,657
X ₇	17,694	35,272	36,872	30,790
\bar{X}	16,952	34,702	36,524	30,287
Q ₁	0,08	0,05	0,39	0,09
Q _n	0,12	0,23	0,03	0,14
S _x	0,597	0,367	0,312	0,385
μ	0,53	0,33	0,28	0,34
E, %	3,13	0,88	0,77	1,12

Проверка по Q критерию проводится по следующим уравнениям:

$$Q(P_{\text{дов}}=0.95, n=7)=0.51$$

$$Q_1=(X_2-X_1)/(X_n-X_1)<0.51$$

$$Q_n=(X_n-X_{n-1})/(X_n-X_1)<0.51$$

По Q критерию все результаты относятся к одной совокупности (табл.2).

Среднее отклонение единичного измерения (среднеквадратичное отклонение):

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Коэффициент Стьюдента t (P_{дов}=0.95, n=7)= 2.36

$$\mu = \bar{X} \pm \frac{t_{\alpha,k} \times S_x}{\sqrt{n}}$$

Погрешность определения аскорбиновой кислоты составила не более 3,13 %.

Полученные результаты исследования показывают, что наибольшее содержание витамина С в дикорастущей клюкве в начале сентября-октябре, в фазе розовой (34,70±0,33 мг/100 г сырого веса) и темно-красной (36,52 ± 0,28 мг/100 г сырого веса) окраски плодов, до наступления заморозков (30,29 ± 0,34 мг/100 г сырого веса).

Список литературы:

1. Авилова С. В., Иванова С. В. Купажирование натуральных соков с использованием черники, брусники и клюквы // Известия ТСХА. — Вып.2. — 2005. — С. 59—67.
2. Баранова И. И. К состоянию изученности пищевой и лекарственной ценности некоторых дикорастущих ягод Карелии // Комплексные исследования растительности болот Карелии. Петрозаводск: Карельский фил. АН СССР, 1982. — С. 156—166.
3. Девис М., Остин Дж., Патридж Д. Витамин С: Химия и биохимия: Пер. с англ. М.: Мир, 1999. — 176 с.
4. Кузнецова Н. А. Пищевая ценность соков из дикорастущих ягод клюквы и черники. М., 1975. — 33 с.
5. Сенчук Г. В. Биохимические свойства и сохраняемость дикорастущих ягод Белоруссии: Автореферат. диссерт. на соиск. уч. степ. кандидата технических наук: 05.18.15 / Г. В. Сенчук — Москва, 1973. — 21 с.
6. Хроматографические и спектральные параметры УФ-поглощающих веществ. Методика выполнения измерений методом высокоэффективной хроматографии. Иркутск: РАН. Сибирское отделение лимнологической институт, 2003. — С. 32—64.
7. Чупахина Г. Н. Система аскорбиновой кислоты растений: Монография. Калининград: Калинингр. Ун-т., 1997. — 120 с. — ISBN 5-88874-063-2.
8. Borowska I. Antioxidant Activity of Berry Fruits and Beverages/I. Borowska, A. Szajdek/Pol. J. Natur. Sc. — 2003. — № 14. — P. 521—528.

2.2. БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

МОЛЕКУЛЯРНАЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОМРФ- И ОМРС-ПОДОБНЫХ БЕЛКОВ НАРУЖНОЙ МЕМБРАНЫ *YERSINIA RUCKERI*

Чистюлин Дмитрий Константинович

аспирант 2-го года обучения, Тихоокеанский институт
биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток
E-mail: cdk27gmail.ru

Вакорина Татьяна Ивановна,

канд. хим. наук, науч. сотр., Тихоокеанский институт
биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток

Ким Наталья Юрьевна

науч. сотр., Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО
РАН, г. Владивосток

Хоменко Валентина Александровна

канд. хим. наук, ст. науч. сотр., Тихоокеанский институт
биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток

Портнягина Ольга Юрьевна

канд. биол. наук, ст. науч. сотр., Тихоокеанский институт
биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток

Новикова Ольга Даниловна

д-р хим. наук, вед. науч. сотр., Тихоокеанский институт
биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток

Работа поддержана грантами по Программе Президиума РАН
«Молекулярная и клеточная биология» и РФФИ — ДВО РАН
№ 11-04-98584.

Yersinia ruckeri — граммотрицательная бактерия, вызывающая
иерсиниоз у рыб. Это септическое заболевание, поражающее лососевых,

особенно — радужную форель, которое регистрируется в Прибалтийском регионе, в большинстве стран Восточной и Западной Европы и в США. К факторам, способствующим возникновению и распространению заболевания, относятся неблагоприятные условия окружающей среды (дефицит кислорода, накопление органических веществ, увеличение количества аммиака), а также высокие показатели плотности посадки рыб. Степень патогенности микроорганизмов, обитающих в водной среде, в значительной степени зависит от колебаний параметров последней, поскольку в данном случае внешние условия непосредственно влияют как на бактерии, так и на организм хозяина [7, 6]. Для бактерий, патогенных для рыб, регуляция температуры приобретает особое значение, поскольку регулирует экспрессию специфических белков, являющихся факторами патогенности. Экспрессия таких белков может уменьшаться (или прекращаться вовсе) при температуре, ниже оптимальной температуры роста бактерий [7, 6, 9]. В литературе существуют, например, данные о том, что синтез факторов вирулентности *Y. ruckeri* зависит от различных условий, в том числе температуры окружающей среды [8, 9].

Однако участие порообразующих белков наружной мембраны (НМ), являющихся эффекторами патогенеза, в развитии инфекции, вызываемой *Y. ruckeri*, пока не рассматривалось. Влияние условий культивирования *Y. ruckeri* на регуляцию экспрессии этих белков изучено также недостаточно. В наших предварительных исследованиях было обнаружено, что температура культивирования влияет на полипептидный профиль фракции порообразующих белков (поринов) НМ *Y. ruckeri*. В НМ «холодового» (4°C) варианта микроорганизма экспрессируются преимущественно OmpF-подобные порины, а в НМ «теплового» (37°C) варианта — OmpC-подобные белки [5].

Настоящая работа посвящена выделению и сравнительной физико-химической характеристике OmpF- и OmpC-подобных белков НМ *Y. ruckeri*.

Как известно [10], порины относятся к β -структурированным мембранным белкам, которые в НМ грамотрицательных бактерий существуют в виде тримеров, устойчивых к действию денатурирующих агентов и протеолитических ферментов. Порины связаны очень прочной (но нековалентной связью) с нерастворимым слоем пептидогликана (ПГ), разделяющего наружную и цитоплазматическую мембраны. Солюбилизация поринов может быть осуществлена только с помощью детергентов, при этом пространственная организация белков зависит от природы используемого солюбилизирующего агента и температуры, при

которой проводится диссоциация комплекса ПГ- порин [4]. В связи с этим, для получения поринов в конформации, максимально приближенной к таковой в нативной мембране, большое значение имеет подбор условий извлечения этих белков из НМ бактерий.

Комплекс ПГ— порообразующие белки *Y. ruckeri* получали по методу Розенбуша [12]. Для удаления белков цитоплазматической мембраны микробные клетки предварительно экстрагировали саркозилатом натрия. Для очистки комплекса ПГ-пориновые белки от нуклеиновых кислот использовали мультиферментный комплекс из гепатопанкреаса промысловых видов крабов [1]. Для получения изолированных OmpF- и OmpC- поринов в тримерной форме комплекс ПГ-пориновые белки экстрагировали 1 % SDS и 0.5 М NaCl, и полученную фракцию очищали с помощью гель-хроматографии на Sephacryl S-300 в присутствии SDS. Согласно данным электрофореза в полиакриламидном геле в присутствии SDS (SDS, ПААГ-электрофореза) [11] кажущиеся мол. массы мономеров OmpF- и OmpC поринов *Y. ruckeri*, составили 37000 ± 1000 и 39000 ± 1000 Да соответственно.

Данные, полученные в ходе эксперимента по термоденатурации выделенных белков, свидетельствовали об их различной термоустойчивости (рис. 1). Заметная полоса в области мономера OmpF белка появлялась при температуре 70—80°C, полное превращение олигомеров в денатурированный мономер наблюдалось только при температуре 90°C. В случае OmpC порина диссоциация тримеров белка начиналась при 65°C и заканчивалась при 75°C. Таким образом, подобно неспецифическим поринам НМ других грамотрицательных бактерий, OmpF порин *Y. ruckeri* более устойчив к действию температуры, нежели порин OmpC типа. Ранее мы показали, что температурный интервал перехода тримеров в мономеры для поринов из ряда патогенных и непатогенных видов иерсиний составляет 50—70°C [2]. Однако, критическая температура необратимого конформационного перехода порина OmpF *Y. ruckeri* оказалась на 20 градусов выше по сравнению с поринами других видов иерсиний. Этот факт представляет особый интерес, поскольку до сих пор в литературе не встречалось сообщений о столь высокой степени термоустойчивости среди поринов НМ энтеробактерий.

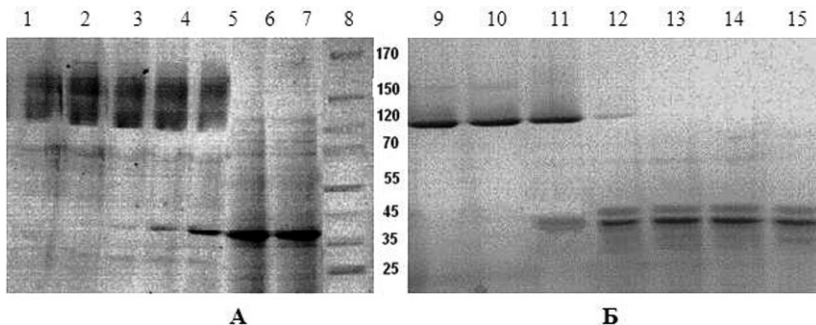


Рисунок 1. Термоденатурация поринов НМ *Y. ruckeri*. Инкубацию раствора белка проводили в интервале температур 60—100°C.

(А) исходный порин *OmpF* (1); порин инкубированный в течение 10 мин при 60°C (2), 70°C (3), 80°C (4), 85°C (5), 90°C (6), и 100°C (7). Белки-маркеры (8).

(Б) исходный порин *OmpC* (9); порин инкубированный в течение 10 мин при 60°C (10), 65°C (11), 70°C (12), 75°C (13), 80°C (14), и 100°C (15).

Нуклеотидные последовательности кодируемой части *ompF* и *ompC* генов *Y. ruckeri* (штамм КММ 821) были получены с помощью ПЦР амплификации с использованием ген-специфичных праймеров [5]. На основе этих последовательностей были выведены первичные структуры *OmpF* и *OmpC*-подобных поринов, топологические модели которых [14] приведены на рис. 2. Величины молекулярных масс мономеров *OmpF* — и *OmpC*-подобных поринов *Y. ruckeri*, рассчитанные из данных аминокислотной последовательности, составили 38015.20 и 39359.35 Да соответственно. Эти значения хорошо согласуются с величинами молекулярных масс, приведенными выше.

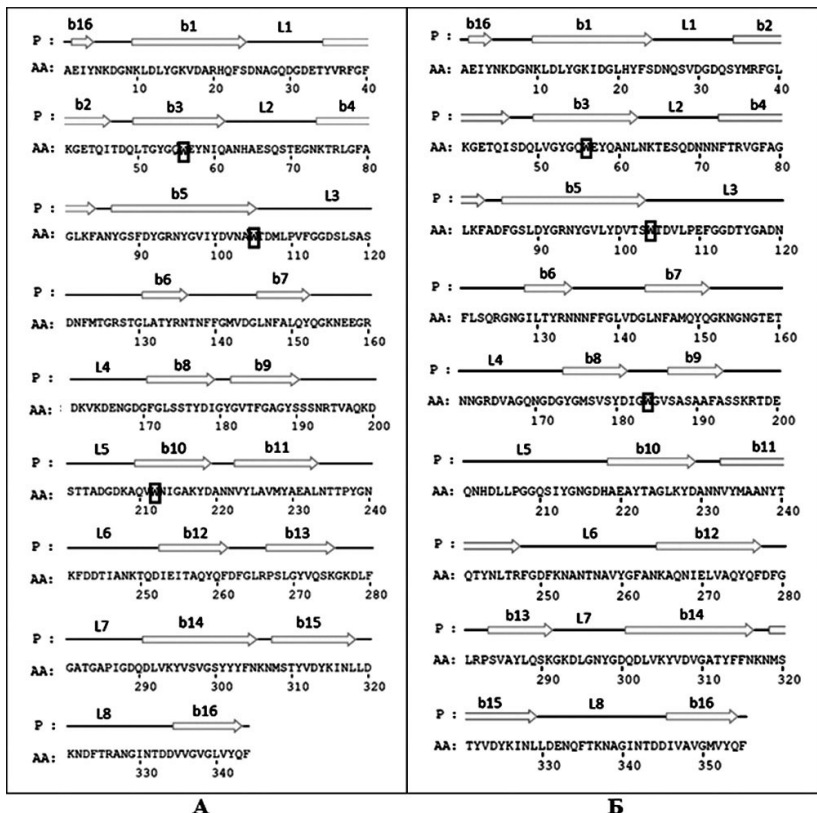


Рисунок 2. Топологические модели OmpF- и OmpC- поринов *Y. ruckeri*.

Стрелками обозначены участки аминокислотной последовательности, соответствующие β -стрэндам, линиями — участки наружных петель, внешних (L1—L8) и периплазматических. Отмечено также расположение остатков триптофана в полипептидной цепи белков.

Сравнительный анализ аминокислотных последовательностей исследуемых поринов и неспецифических поринов НМ *Y. Pseudotuberculosis* [3] показал, что степень гомологии между поринами OmpF- (или OmpC) типов разных видов иерсиний выше, чем между поринами разных типов одного вида микроорганизма. Так, степень гомологии аминокислотных последовательностей OmpF белков *Y. ruckeri* и *Y. pseudotuberculosis* составляет 61 %, OmpC белков этих

видов иерсиний — 55 %, а степень гомологии OmpF и OmpC *Y. Ruckeri* — только 48 %.

Для характеристики пространственной организации исследуемых белков в растворе использовали методы оптической спектроскопии: круговой дихроизм и собственную белковую флуоресценцию. Для солюбилизации образцов использовали 0.25 % раствор SDS, в котором, как было показано ранее [4], не происходит денатурации OmpF порина из псевдотуберкулезного микроба.

Круговой дихроизм. Спектр КД OmpF порина в ближней УФ-области (240—310 нм), области поглощения остатков ароматических хромофоров и дисульфидных связей, имеет достаточно выраженную тонкую структуру с положительной полосой при 275 нм, относящейся к остаткам тирозина, и «плечами» при 268 и 260 нм, относящимися к остаткам фенилаланина (рис. 3, А кривая 1).

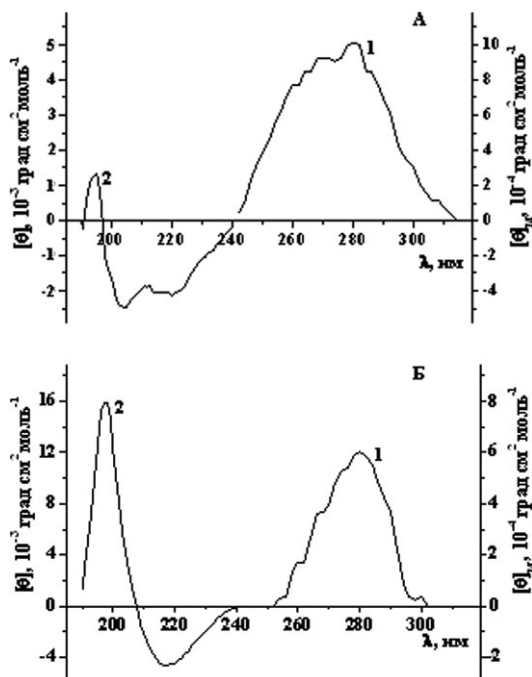


Рисунок 3. Спектры КД OmpF (А) и OmpC (Б) НМ *Y. ruckeri* в ближней (250—300 нм) УФ-области (кривые 1) и дальней (190—240 нм) УФ-области (кривые 2).

В спектре КД OmpC порина в этой УФ-области те же характеристичные полосы менее выражены и имеют меньшую эллиптичность (рис. 3, Б кривая 1). Полученные данные указывают на то, что третичная структура OmpF *Y. ruckeri* более жестко фиксирована в этих условиях, нежели структура OmpC белка.

Спектры КД исследуемых поринов в далекой УФ-области (190—240 нм), области поглощения пептидных связей, существенно различаются. OmpF белок имеет в этой области отрицательную полосу небольшой эллиптичности с «плечами» при 215 и 202 нм и положительную полосу малой эллиптичности при 195 нм (рис. 3, А кривая 2). Форма спектра КД этого порина указывает на достаточно высокое содержание β -структуры и присутствие небольшого количества α -спиральных участков в полипептидной цепи белка. Спектр КД OmpC порина в этой области имеет отрицательную полосу при 220 нм и положительную полосу большой эллиптичности при 197 нм, что свидетельствует о высоком содержании α -спирали во вторичной структуре белка. (рис. 3, Б кривая 2). Выводы, сделанные на основе качественной оценки спектров КД исследуемых поринов, были подтверждены расчётом элементов вторичной структуры (табл. 1), выполненным с помощью пакета программ CD Pro [13]. Как следует из данных таблицы, содержание α -спирали в OmpC порине в 3 раза больше, нежели в OmpF белке. Поскольку порообразующие белки обоих типов (OmpF и OmpC), выделенные из НМ *Y. ruckeri* имеют высокое содержание (62 и 60 %) суммарной β -структуры, их можно отнести к белкам β -класса, что характерно для изолированных поринов граммотрицательных бактерий в растворах детергентов.

Таблица 1.

Содержание элементов вторичной структуры поринов OmpF и OmpC НМ *Y. ruckeri*, %

Образец белка	α -спираль*			β -структура*			β -изгиб	Неупорядоченная форма
	I	II	III	I	II	III		
Omp F	0.8	4.7	5.5	26.1	14.1	40.2	21.8	32.5
OmpC	6.1	8.9	15.0	25.4	12.7	38.1	22.5	24.5

I, II, III — регулярная, искаженная и общая структуры соответственно.

Собственная белковая флуоресценция. Спектры суммарной и триптофановой флуоресценции исследуемых белков, имеют длинноволновое положение максимумов. Так, в случае Omp F порина максимум суммарной эмиссии находится при 335 ± 1 нм, а максимум триптофановой флуоресценции — при 341 ± 1 нм. Максимумы

суммарной и триптофановой флуоресценции OmpC порина находятся, соответственно, при 339 и 340 нм. Этот факт, а также невысокая интенсивность флуоресценции остатков триптофана свидетельствуют о том, что значительная часть остатков этого ароматического флуорофора в составе обоих белков доступна растворителю. Это подтверждается аппроксимацией суммарной эмиссии белков спектральными формами излучения остатков триптофана и тирозина (рис. 4). Как видно из данных рис. 4, на долю спектральной формы III в случае OmpC порина приходится 45 %, в случае OmpF белка — более половины всех остатков триптофана.

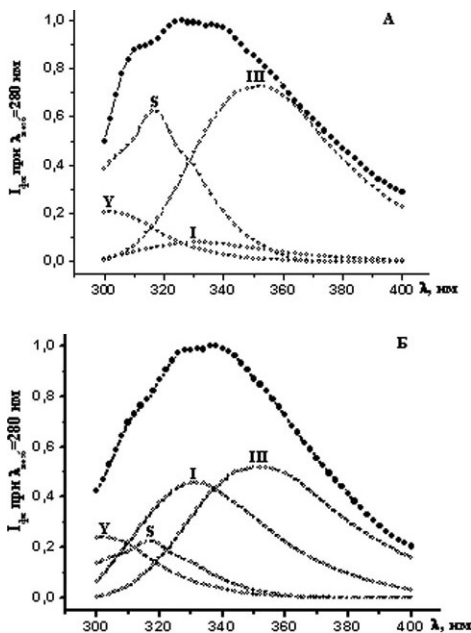


Рисунок 4. Спектры флуоресценции поринов OmpF (А) и OmpC (Б) *Y. ruckeri* и их аппроксимация спектральными формами излучения остатков тирозина (Y) и триптофана (формы S, I, III). Возбуждение 280 нм. Температура 20 °С.

А — Спектр OmpF порина: вклады остатков тирозина (9 %) и спектральных форм триптофана S, I и III (27.8, 5.1 и 58.1 % соответственно).

Б — Спектр OmpC порина: вклады остатков тирозина (11.4 %) и спектральных форм триптофана S, I и III (10.9, 32.4 и 45.3 % соответственно).

Таким образом, из НМ *Y. ruckeri*, выделены и охарактеризованы β-структурированные мембранные белки, которые по молекулярной массе и пространственной организации подобны неспецифическим поринам иерсиний [12, 2] и других энтеробактерий [4]. По сравнению с известными поринами энтеробактерий неспецифический OmpF белок НМ *Y. ruckeri* обладает повышенной устойчивостью по отношению к температуре.

Список литературы:

1. Артюков А. А., Мензорова Н. И., Козловская Э. П., Кофанова Н. Н., Козловский А. С., Рассказов В. А. Патент 2280076 РФ, МПК С12N 9/48, 9/64 (2006.01) Ферментативный препарат из гепатопанкреаса промысловых видов крабов и способ его получения; заявители и патентообладатели ТИБОХ ДВО РАН. — № 2004135771/13; Заявл.06.12.2004; Опубл. 20.07.2006, Бюл. № 20. 6 с.
2. Вострикова О. П., Ким Н. Ю., Лихацкая Г. Н., Гузев К. В., Вакорина Т. И., Хоменко В. А., Новикова О. Д., Соловьева Т. Ф. Структура и функция порообразующих белков бактерий рода *Yersinia* I. Выделение и сравнительная характеристика физико-химических свойств и функциональной активности поринов иерсиний // Биоорган. химия. 2006. Т. 32, № 4. С. 371—383.
3. Гузев К. В., Исаева М. П., Новикова О. Д., Соловьева Т. Ф., Рассказов В. А. Молекулярная характеристика OmpF-подобных поринов патогенных *Yersinia* // Биохимия. 2005. Т. 70, вып. 10. С. 1338—1345.
4. Новикова О. Д., Федореева Л. И., Хоменко В. А., Портнягина О. Ю., Ермак И. М., Лихацкая Г. Н., Мороз С. В., Соловьева Т. Ф., Оводов Ю. С. Влияние способа экстракции порообразующего белка из *Yersinia pseudotuberculosis* на его макромолекулярную организацию // Биоорган. химия. 1993. Т. 19, № 5. С. 536—547.
5. Чистюлин Д. К., Портнягина О. Ю., Хоменко В. А., Вакорина Т. И., Ким Н. Ю., Исаева М. П., Лихацкая Г. Н., Новикова О. Д. OmpF-подобный порин наружной мембраны *Yersinia ruckeri* // В: Сб. тезисов докладов III Всероссийской научно—практической конференции с международным участием «Инфекции, обусловленные иерсиниями». Санкт-Петербург. 12—14 октября 2011 г. С. 114—115.
6. Altinok I. The infectious route of *Yersinia ruckeri* is affected by salinity. Bull. Eur. association Fish // Pathologists. 2004. V. 24. P. 253—259.
7. Altinok I., Grizzle J.M. Effects of salinity on *Yersinia ruckeri* infection of rainbow trout and brown trout // J. Aquatic Animal Health. 2011. V. 3. P. 334—339;
8. Fernandes L., Marques I., Guijarro J. A. Identification of specific in vivo-induced genes in *Yersinia ruckeri* and analysis of ruckerbactin, a catecholate

- siderophore iron acquisition system // *Appl. Environ. Microbiol.* 2004. V. 70. P. 5199—5207.
9. Fernandez L., Lopez J.R., Secades P., Menendez A., Marquez I. & Guijarro J. A. (In vitro and in vivo studies of the Yrp1 protease from *Yersinia ruckeri* and its role in protective immunity against enteric red mouth disease of salmonids. *Appl. Environ. Microbiol.* 2003. V. 69 P. 7328—7335.
 10. Garavito R. M., Rosenbusch J. P. Isolation and crystallization of bacterial porin // *Methods Enzymol.* 1986. V. 125. P. 309—328.
 11. Lugtenberg B., Meijers J., Peters R., van der Hoek P., van Alphen L. Electrophoretic resolution of the major outer membrane of *Escherichia coli* K-12 into four bands // *FEBS Lett.* 1975. V. 58. P. 254—258.
 12. Rosenbusch J. P. Characterization of the major envelope protein from *Escherichia coli*. Regular arrangement on the peptidoglycan and unusual dodecyl sulfate binding // *J. Biol. Chem.* 1974. V. 249, P. 8019—8029.
 13. Sreerama N., Woody R. W. Estimation protein secondary structure from circular dichroism spectra: comparison of CONTIN, SELCON and CDSSTR methods with an expanded reference set // *Anal. Biochem.* 2000. V. 287. P. 252—260.
 14. The PSIPRED Protein Structure Prediction Server. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://bioinf.cs.ucl.ac.uk/psipred/>

2.3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ОДНОРЕАКТОРНАЯ КОНДЕНСАЦИЯ ПИНАКОЛИНА С ДИАЛКИЛОКСАЛАТАМИ И ЦИАНАЦЕТАМИДОМ

Виноградов Алексей Николаевич

аспирант, ОГУ, г. Оренбург

E-mail: asd10xcv12@yandex.ru

Ахременкова Ольга Евгеньевна

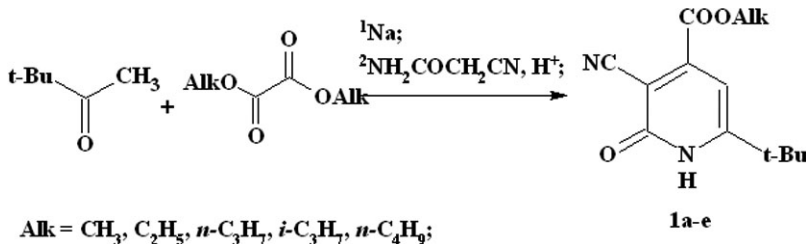
студент, ОГУ, г. Оренбург

Козьминых Владислав Олегович

д-р хим. наук, профессор ОГУ, г. Оренбург

В литературе имеются сведения о реакционной способности ацилпироватов в отношении *N*-, *O*-, и отчасти, *S*-нуклеофильных реагентов [1, с. 1039—1058; 3, с. 1-55; 4, с. 1—9;]. Публикации, в которых *C*-моноклеофилы рассматриваются как партнеры по реакции с ацилпировиноградными кислотами и их производными, единичны [2, с. 6244—6249; 3, с. 1—55]. Оксалильные конденсации метилкетонов в присутствии *C*-моноклеофильных партнеров по реакции – одnoreакторные и тандемные превращения — до наших исследований не изучались.

В результате трехкомпонентной одnoreакторной конденсации пинаколина с диалкилоксалатами и цианацетамидом получены эфиры 6-*трет*-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты (**1a-e**).

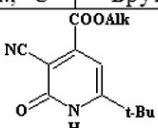


*Схема 1. Синтез эфиров
6-трет-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты*

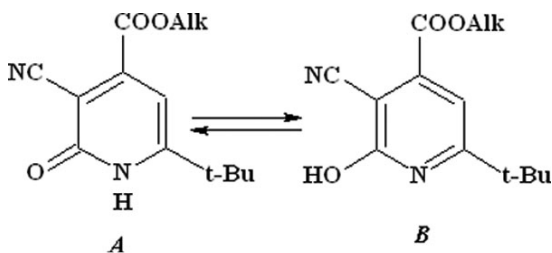
Полученные соединения представляют собой белые, или светло-желтые кристаллические вещества, хорошо растворимые в большинстве органических растворителей и практически не растворимые в воде.

Таблица 1.

Физико-химические свойства эфиров 6-*tert*-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты

Шифр	Alk	Т. пл., °С	Брутто-формула (М)	Выход, %
				
1a	Me	115-117	C ₁₂ H ₁₄ N ₂ O ₃ (234,25)	62
1b	Et	108-110	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O ₃ (248,28)	65
1c	<i>n</i> -Pr	105-106	C ₁₄ H ₁₈ N ₂ O ₃ (262,30)	58
1d	<i>i</i> -Pr	112-114	C ₁₄ H ₁₈ N ₂ O ₃ (262,30)	63
1e	<i>n</i> -Bu	102-104	C ₁₅ H ₂₀ N ₂ O ₃ (276,33)	55

Строение полученных соединений установлено на основании данных ИК, ЯМР ¹Н спектроскопии и масс-спектрометрии. Анализ спектральных данных свидетельствует в пользу предложенной структуры, а также наличия в растворе прототропной таутомерии типа гидроксипиридин — пиридон.

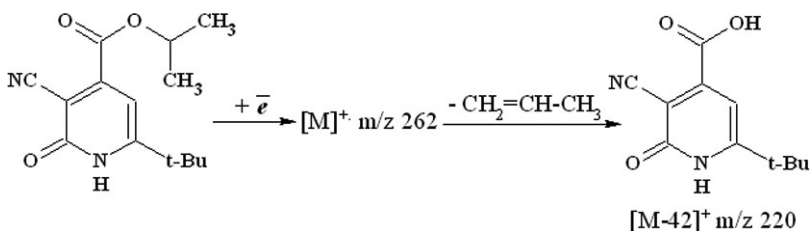


В ИК спектрах соединений **1a-e** присутствуют широкая полоса поглощения в области 3250—3253 см⁻¹, относящаяся к валентным колебаниям связи N-H. Интенсивная полоса поглощения валентных колебаний карбонильной группы при 1661 см⁻¹ (полоса «Амид I» для вторичных амидов) свидетельствует о наличии пиридоновой формы (форма **A**). В спектрах присутствуют полосы поглощения, относящиеся к валентным колебаниям карбонильной группы в составе сложноэфирного фрагмента в области 1725—1730 см⁻¹ и колебаниям

нитрильной группы в области 2223—2224 см⁻¹. Смещение обеих полос в более низкочастотную область свидетельствует о сопряжении с гетероциклической системой.

В ЯМР ¹H спектрах соединений **1a-e**, записанных в растворе дейтерохлороформа, наряду с сигналами основных протонсодержащих групп присутствуют сигналы гидроксильной группы минорной оксипиридиновой формы (форма **B**) при 5,15—5,16 м.д. и протона группы NH пиридоновой формы (форма **A**) при 12,92—13,02 м.д.

Основным направлением масс-фрагментации ионизированной молекулы *изо*-пропилового эфира *6-трет*-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты (**1d**) является элиминирование CH₂=CH-CH₃ в результате перегруппировки Мак-Лафферти, о чем свидетельствует присутствие в масс-спектре интенсивного пика [M - 42]⁺.



Синтез эфиров 6-трет-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты (1a-e). Смесь 2,50 г (3,13 мл) пинаколина (25 ммоль), соответствующего диалкилоксалата (25 ммоль) и 0,58 г натрия (25 ммоль) в 50 мл абсолютного толуола выдерживают на холоду в течении 3—4 часов. Избыток растворителя отгоняют, к остатку прибавляют 2,10 г цианацетамида (25 ммоль) и нагревают 15—20 мин в 50 мл этанола. К охлажденному раствору прибавляют 5 мл 15 % соляной кислоты, осадок отфильтровывают и сушат на воздухе. Перекристаллизованные из 50 % этанола вещества представляют собой белые или светло-желтые кристаллы.

Метилловый эфир 6-трет-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты (1a). Выход: 3,63 г (62 %), т. пл. 115—117°C. ИК спектр, ν, см⁻¹: 3252 (ν_{NH}), 2223 (ν_{C≡N}), 1727 (ν_{C=O}, сл. эф.), 1661 (ν_{C=O}, «Амид I»), 1640, 1590 (ν_{C=C}), 1542, 1380, 1311 (δ_{N-H} + δ_{C-N}), 1237, 1202, 1180 (ν_{C-O-C}, «эфирная полоса»), 1096, 1034, 1016 (δ_{CH} плоск), 962, 934, 913, 889 (δ_{CH} неплоск). Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д., CDCl₃: 1.02 (с, 9H, *t*-Bu, форма **A**), 1.20 (с, 9H, *t*-Bu, **B**), 3.90 (с, 3H, OCH₃, **A**), 4.01 (с, 3H, OCH₃, **B**), 5.15 (уш. с, 1H, OH, **B**), 6.07 (с, 1H, CH, **A**, 80 %), 6.76 (с, 1H, CH, **B**, 20 %), 12.92 (уш. с, 1H, NH, **A**).

Этиловый эфир 6-трет-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты (1b). Выход: 4,03 г (65 %), т. пл. 108—110°C. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3253 (ν_{NH}), 2224 ($\nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$), 1729 ($\nu_{\text{C}=\text{O}}$, сл. эф.), 1661 ($\nu_{\text{C}=\text{O}}$, «Амид I»), 1640, 1590 ($\nu_{\text{C}=\text{C}}$), 1542, 1380, 1311 ($\delta_{\text{N-H}} + \delta_{\text{C-N}}$), 1238, 1202, 1179 ($\nu_{\text{C-O-C}}$, «эфирная полоса»), 1096, 1034, 1016 (δ_{CH} плоск), 962, 934, 913, 889 (δ_{CH} неплоск). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д., J , Гц, CDCl_3 : 1.02 (с, 9H, *t*-Bu, **A**), 1.20 (с, 9H, *t*-Bu, **B**), 1.23 (т, 3H, OCH_2CH_3 , $J=7.2$, **A**), 1.34 (т, 3H, OCH_2CH_3 , $J=7.2$, **B**), 4.13 (к, 2H, OCH_2CH_3 , $J=7.2$, **A**), 4.32 (к, 2H, OCH_2CH_3 , $J=7.2$, **B**), 5.15 (уш. с, 1H, OH, **B**), 6.07 (с, 1H, CH, **A**, 75 %), 6.76 (с, 1H, CH, **B**, 25 %), 12.92 (уш. с, 1H, NH, **A**).

***n*-Пропиловый эфир 6-трет-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты (1c).** Выход: 3,80 г (58 %), т. пл. 105—106°C. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3250 (ν_{NH}), 2223 ($\nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$), 1730 ($\nu_{\text{C}=\text{O}}$, сл. эф.), 1661 ($\nu_{\text{C}=\text{O}}$, «Амид I»), 1640, 1590 ($\nu_{\text{C}=\text{C}}$), 1542, 1380, 1311 ($\delta_{\text{N-H}} + \delta_{\text{C-N}}$), 1238, 1200, 1181 ($\nu_{\text{C-O-C}}$, «эфирная полоса»), 1096, 1034, 1016 (δ_{CH} плоск), 962, 934, 913, 889 (δ_{CH} неплоск). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д., J , Гц, CDCl_3 : 0.89 (т, 3H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $J=7.2$, **A**), 0.93 (т, 3H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $J=7.2$, **B**), 1.02 (с, 9H, *t*-Bu, **A**), 1.18 (с, 9H, *t*-Bu, **B**), 1.58-1.77 (м, 2H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, **A+B**), 4.21 (т, 2H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $J=7.2$, **A**), 4.24 (т, 2H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $J=7.2$, **B**), 5.16 (уш. с, 1H, OH, **B**), 6.08 (с, 1H, CH, **A**, 77 %), 6.71 (с, 1H, CH, **B**, 23 %), 12.96 (уш. с, 1H, NH, **A**).

изо-Пропиловый эфир 6-трет-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты (1d). Выход: 4,13 г (63 %), т. пл. 112—114°C. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3252 (ν_{NH}), 2224 ($\nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$), 1725 ($\nu_{\text{C}=\text{O}}$, сл. эф.), 1661 ($\nu_{\text{C}=\text{O}}$, «Амид I»), 1640, 1590 ($\nu_{\text{C}=\text{C}}$), 1542, 1380, 1311 ($\delta_{\text{N-H}} + \delta_{\text{C-N}}$), 1239, 1201, 1180 ($\nu_{\text{C-O-C}}$, «эфирная полоса»), 1096, 1034, 1016 (δ_{CH} плоск), 962, 934, 913, 889 (δ_{CH} неплоск). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д., J , Гц, CDCl_3 : 1.02 (с, 9H, *t*-Bu, **A**), 1.23 (с, 9H, *t*-Bu, **B**), 1.25 (д, 6H, $\text{OCH}(\text{CH}_3)_2$, $J=6.3$, **A**), 1.29 (д, 6H, $\text{OCH}(\text{CH}_3)_2$, $J=6.3$, **B**), 5.23-5.36 (м, 1H, $\text{OCH}(\text{CH}_3)_2$, **A**), 5.40-5.52 (м, 1H, $\text{OCH}(\text{CH}_3)_2$, **B**), 5.16 (уш. с, 1H, OH, **B**), 6.08 (с, 1H, CH, **A**, 78 %), 6.71 (с, 1H, CH, **B**, 22 %), 12.98 (уш. с, 1H, NH, **A**).

***n*-Бутиловый эфир 6-трет-бутил-3-циано-2-пиридон-4-карбоновой кислоты (1e).** Выход: 3,80 г (55 %), т. пл. 102—104°C. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3251 (ν_{NH}), 2223 ($\nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$), 1730 ($\nu_{\text{C}=\text{O}}$, сл. эф.), 1661 ($\nu_{\text{C}=\text{O}}$, «Амид I»), 1640, 1590 ($\nu_{\text{C}=\text{C}}$), 1542, 1380, 1311 ($\delta_{\text{N-H}} + \delta_{\text{C-N}}$), 1238, 1202, 1179 ($\nu_{\text{C-O-C}}$, «эфирная полоса»), 1096, 1034, 1016 (δ_{CH} плоск), 962, 934, 913, 889 (δ_{CH} неплоск). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д., J , Гц, CDCl_3 : 0.90 (т, 3H, $\text{O}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$, $J=7.2$, **A**), 0.97 (т, 3H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $J=7.2$, **B**), 1.01 (с, 9H, *t*-Bu, **A**), 1.16 (с, 9H, *t*-Bu, **B**), 1.10-1.36 (м, 2H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, **A+B**), 1.54-1.78 (м, 2H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, **A+B**), 4.03 (т, 2H, $\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, $J=7.2$, **A**), 4.23 (т, 2H, $\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, $J=7.2$, **B**), 5.15 (уш. с, 1H, OH, **B**), 6.09 (с, 1H, CH, **A**, 81 %), 6.77 (с, 1H, CH, **B**, 19 %), 13.02 (уш. с, 1H, NH, **A**).

Список литературы:

1. Перевалов С. Г., Бургарт Я. В., Салоутин В. И., Чупахин О. Н. (Гет)арилпировиноградные кислоты и их производные как перспективные «строительные блоки» для органического синтеза // Успехи химии. — 2001. — Т. 70. — Вып. 11. — С. 1039—1058.
2. Blackwood R. K., Hess G. B., Larrabee C. E., Pilgrim F. J. Hydride reductions of pyridinedicarboxylic acids // Heterocycles. — 1958. — Vol. 80. — P. 6244—6249.
3. Dawood K. M., Abdel-Gawad H., Mohamed H. A., Abdel-Wahab B. F. Utility of 2,4-dioxoesters in the synthesis of new heterocycles // Heterocycles. — 2010. — Vol. 81. — No. 1. — P. 1—55.
4. Nolsöe J. M. J., Weigelt D. Benzoylpyruvates in Heterocyclic Chemistry // Journal of Heterocyclic Chemistry. — 2009. — Vol. 46. — P. 1—9.

НОВАЯ ТРЁХКОМПОНЕНТНАЯ РЕАКЦИЯ ПИНАКОЛИНА С ДИАЛКИЛОКСАЛАТАМИ И 2,4-ДИНИТРОФЕНИЛГИДРАЗИНОМ

Виноградов Алексей Николаевич

аспирант, ОГУ, г. Оренбург

E-mail: asd10xcv12@yandex.ru

Шарыгина Камилла Рафиковна

студент, ОГУ, г. Оренбург

Козьминых Владислав Олегович

д-р хим. наук, профессор ОГУ, г. Оренбург

Известно, что взаимодействие 2,4-диоксокарбоновых кислот или их производных с арилгидразинами приводит к образованию замещённых 3-пиразолкарбоновых кислот [1, с. 67—77; 2, с. 1039—1058; 3, с. 1—9]. Сведения о вовлечении арилгидразинов как нуклеофильных партнеров в реакции с системой метилкетона — диалкилоксалаты отсутствуют.

При взаимодействии реакционной системы пинаколин — диалкилоксалат с 2,4-динитрофенилгидразином в условиях кислотного катализа вместо ожидаемых эфиров 1-(2,4-динитрофенил)-5-трет-бутилпиразол-3-карбоновых кислот нами выделены нециклические

продукты — эфиры 5,5-диметил-2-(2,4-динитрофенил)гидразоно-4-оксогексановой кислоты (**1a-e**). Образование последних, по-видимому, связано с дезактивирующим влиянием электроакцепторных заместителей в ароматическом ядре на гидразонный фрагмент.

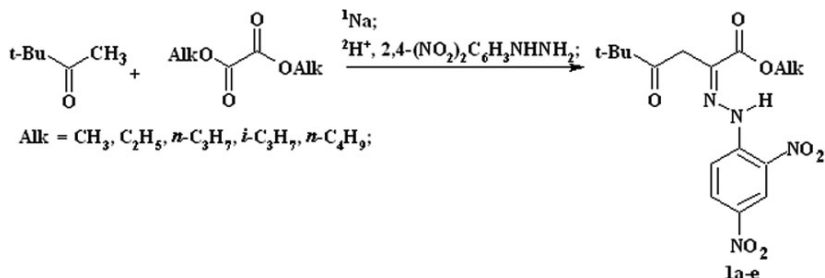


Схема 1. Синтез эфиров 5,5-диметил-2-(2,4-динитрофенил)гидразоно-4-оксогексановой кислоты

Полученные соединения представляют собой желтые кристаллические вещества, плохо растворимые в воде и хорошо растворимые в обычных органических растворителях.

Таблица 1.

Физико-химические свойства эфиров 5,5-диметил-2-(2,4-динитрофенил)гидразоно-4-оксогексановой кислоты

Шифр	Alk	Т. пл., °С	Брутто-формула (М)	Выход, %
1a	CH ₃	183-185	C ₁₅ H ₁₈ N ₄ O ₇ (366,33)	68
1b	C ₂ H ₅	178-180	C ₁₆ H ₂₀ N ₄ O ₇ (380,35)	75
1c	<i>n</i> -C ₃ H ₇	148-149	C ₁₇ H ₂₂ N ₄ O ₇ (394,38)	71
1d	<i>i</i> -C ₃ H ₇	168-170	C ₁₇ H ₂₂ N ₄ O ₇ (394,38)	65
1e	<i>n</i> -C ₄ H ₉	142-143	C ₁₈ H ₂₄ N ₄ O ₇ (408,41)	73

Строение соединений **1a-e** установлено на основании данных ИК и ЯМР ¹H спектроскопии. Анализ спектральных данных свидетельствует в пользу предложенной структуры.

В спектрах ЯМР ^1H , записанных в растворе дейтерохлороформа, присутствуют синглет пары магнитно эквивалентных метиленовых протонов при атоме С-3 в области 3,85—3,86 м.д. и уширенный сигнал протона NH-группы при 14,27—14,34 м.д. В ожидаемой области находятся сигналы протонов *трет*-бутильного фрагмента и ароматического ядра.

Анализ данных ИК спектров подтверждает предложенную структуру. Так, в ИК спектрах соединений **1a-e**, записанных в пасте твердого вещества в вазелиновом масле, присутствуют широкая полоса поглощения при 3230 см^{-1} , относящаяся к валентным колебаниям и интенсивные полосы в области $1575\text{—}1616\text{ см}^{-1}$, относящиеся к деформационным колебаниям связи N-H. Наличие интенсивной полосы поглощения в области 1712 см^{-1} , относящейся к валентным колебаниям карбонильной группы при С-4, также подтверждает ациклическое строение соединений **1a-e**.

Экспериментальная часть.

ИК спектры полученных соединений записаны на спектрофотометре «Инфралом ФТ-02» в пасте твердого вещества в вазелиновом масле. Спектры ЯМР ^1H соединений получены на приборе «MERCURYplus-300» ($300,05\text{ МГц}$) в растворе CDCl_3 , внутренний стандарт — ТМС. Индивидуальность полученных веществ подтверждают методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254 в системе бензол-эфир-ацетон, 10:9:1 или ацетон-гексан 2:3, хроматограммы проявляют парами йода. Исходные реактивы перед использованием очищают перегонкой.

Синтез эфиров 5,5-диметил-2-(2,4-динитрофенил)гидразоно-4-оксогексановой кислоты (1a-e). Смесь 2,50 г (3,13 мл) пинаколина (25 ммоль), соответствующего диалкилоксалата (25 ммоль) и 0,58 г натрия (25 ммоль) в 50 мл абсолютного толуола выдерживают на холоду в течении 3—4 часов. Затем добавляют 4,95 г 2,4-динитрофенилгидразина (25 ммоль) в 20 мл уксусной кислоты, после кратковременного нагревания (15—20 минут) растворитель испаряют. Перекристаллизовывают из 30 % уксусной кислоты.

Метилловый эфир 5,5-диметил-2-(2,4-динитрофенил) гидразоно-4-оксогексановой кислоты (1a). Выход: 6,23 г (68 %). Т. пл. 183—185 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3230 (ν_{NH} , ассоц.), 3030, 3084 (ν_{CH} аром.), 1735 ($\nu_{\text{C=O}}$, сл. эф.), 1712 ($\nu_{\text{C=O}}$), 1616, 1575 (δ_{NH} , ассоц.), 1601, 1510 ($\nu_{\text{C=N}}$, $\nu_{\text{C=C}}$, аром.), 1207, 1185 (δ_{RCOCH_2}), 1136, 1062 ($\nu_{\text{C-O-C}}$, «эфирная полоса»), 1102 (δ_{CH} плоск.). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д. (J , Гц): 1.24 (с, 9H, *t*-Bu), 3.86 (с, 2H, C^3H_2), 3.88 (с, 3H, OCH_3), 8.09 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 8.35 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 9.14 (с, 1H, C_6H_3), 14.27 (уш. с., 1H, NH).

Этиловый эфир 5,5-диметил-2-(2,4-динитрофенил)гидразоно-4-оксогексановой кислоты (1b). Выход: 7,13 г (75%). Т. пл. 178—180 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3230 (ν_{NH} , ассоц.), 3030, 3084 (ν_{CH} аром.), 1735 ($\nu_{\text{C=O}}$, сл. эф.), 1712 ($\nu_{\text{t-BuC=O}}$), 1616, 1575 (δ_{NH} , ассоц.), 1601, 1510 ($\nu_{\text{C=N}}$, $\nu_{\text{C=C}}$, аром.), 1207, 1185 (δ_{RCOCH_2}), 1136, 1062 ($\nu_{\text{C-O-C}}$, «эфирная полоса»), 1102 (δ_{CH} плоск.). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д. (J , Гц): 1.24 (с, 9H, t-Bu), 1.38 (т, 3H, OCH_2CH_3 , $J=7.2$), 3.86 (с, 2H, C^3H_2), 4.31 (к, 2H, OCH_2CH_3 , $J=7.2$), 8.11 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 8.51 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 8.93 (с, 1H, C_6H_3), 14.27 (уш. с., 1H, NH).

n-Пропиловый эфир 5,5-диметил-2-(2,4-динитрофенил)гидразоно-4-оксогексановой кислоты (1c). Выход: 7,00 г (71 %). Т. пл. 148—149 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3230 (ν_{NH} , ассоц.), 3030, 3084 (ν_{CH} аром.), 1735 ($\nu_{\text{C=O}}$, сл. эф.), 1712 ($\nu_{\text{t-BuC=O}}$), 1616, 1575 (δ_{NH} , ассоц.), 1601, 1510 ($\nu_{\text{C=N}}$, $\nu_{\text{C=C}}$, аром.), 1207, 1185 (δ_{RCOCH_2}), 1136, 1062 ($\nu_{\text{C-O-C}}$, «эфирная полоса»), 1102 (δ_{CH} плоск.). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д. (J , Гц): 0.95 (т, 3H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $J=7.2$), 1.24 (с, 9H, t-Bu), 1.64-1.80 (м, 2H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$), 3.86 (с, 2H, C^3H_2), 4.26 (т, 2H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $J=7.2$), 8.09 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 8.35 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 9.14 (с, 1H, C_6H_3), 14.34 (уш. с., 1H, NH).

изо-Пропиловый эфир 5,5-диметил-2-(2,4-динитрофенил)гидразоно-4-оксогексановой кислоты (1d). Выход: 6,41 г (65 %). Т. пл. 168—170 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3230 (ν_{NH} , ассоц.), 3030, 3084 (ν_{CH} аром.), 1735 ($\nu_{\text{C=O}}$, сл. эф.), 1712 ($\nu_{\text{t-BuC=O}}$), 1616, 1575 (δ_{NH} , ассоц.), 1601, 1510 ($\nu_{\text{C=N}}$, $\nu_{\text{C=C}}$, аром.), 1207, 1185 (δ_{RCOCH_2}), 1136, 1062 ($\nu_{\text{C-O-C}}$, «эфирная полоса»), 1102 (δ_{CH} плоск.). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д. (J , Гц): 1.24 (с, 9H, t-Bu), 1.31 (д, 6H, $\text{OCH}(\text{CH}_3)_2$, $J=6.3$), 3.85 (с, 2H, C^3H_2), 5.20-5.32 (м, 1H, $\text{OCH}(\text{CH}_3)_2$), 8.09 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 8.35 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 9.14 (с, 1H, C_6H_3), 14.32 (уш. с., 1H, NH).

n-Бутиловый эфир 5,5-диметил-2-(2,4-динитрофенил)гидразоно-4-оксогексановой кислоты (1e). Выход: 7,45 г (73 %). Т. пл. 142—143 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3230 (ν_{NH} , ассоц.), 3030, 3084 (ν_{CH} аром.), 1735 ($\nu_{\text{C=O}}$, сл. эф.), 1712 ($\nu_{\text{t-BuC=O}}$), 1616, 1575 (δ_{NH} , ассоц.), 1601, 1510 ($\nu_{\text{C=N}}$, $\nu_{\text{C=C}}$, аром.), 1207, 1185 (δ_{RCOCH_2}), 1136, 1062 ($\nu_{\text{C-O-C}}$, «эфирная полоса»), 1102 (δ_{CH} плоск.). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д. (J , Гц): 0.94 (т, 3H, $\text{O}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$, $J=7.2$), 1.24 (с, 9H, t-Bu), 1.30-1.47 (м, 2H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$), 1.60-1.75 (м, 2H, $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$), 3.86 (с, 2H, C^3H_2), 4.30 (т, 2H, $\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, $J=7.2$), 8.09 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 8.35 (д, 1H, C_6H_3 , $J=9.6$), 9.14 (с, 1H, C_6H_3), 14.33 (уш. с., 1H, NH).

Список литературы:

1. Козьминых В. О., Козьминых Е. Н. Синтез, структура и биологическая активность ацилпировиноградных кислот и родственных 2-имино производных (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. — 2004. — Т. 38. — № 2. — С. 67—77.

2. Перевалов С. Г., Бургарт Я. В., Салоутин В. И., Чупахин О. Н. (Гет)ароилпировиноградные кислоты и их производные как перспективные «строительные блоки» для органического синтеза // Успехи химии. — 2001. — Т. 70. — Вып. 11. — С. 1039—1058.
3. Nolsöe J. M. J., Weigelt D. Benzoylpyruvates in Heterocyclic Chemistry // Journal of Heterocyclic Chemistry. — 2009. — Vol. 46. — P. 1—9.

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ 2,3-БИС-(2-ОКСОАЛКИЛИДЕН)- 1, 2, 3, 4-ТЕТРАГИДРОХИНОКСАЛИНОВ

Карманова Ольга Геннадьевна

аспирант кафедры химии, ПГПУ, г. Пермь

E-mail: o_karmanova@mail.ru

Козьминых Владислав Олегович

д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой химии, ПГПУ, г. Пермь

E-mail: kvoncstu@yahoo.com

Муковоз Петр Петрович

*канд. хим. наук, ст. науч. сотр. Института клеточного
и внутриклеточного симбиоза ООО РАН, г. Оренбург*

E-mail: mpp27@mail.ru

Козьминых Елена Николаевна

д-р фармацевт. наук, профессор, ПГПУ, г. Пермь

E-mail: kvoncstu@yahoo.com

Илиденпроизводные хиноксалина, а также полупродукты для их получения, находят применение в лабораторных и промышленных условиях органического синтеза, в области химической технологии азотсодержащих гетероциклов и являются биологически активными веществами широкого спектра фармакологического действия [1, 2, 3, 6, 8, 9]. Известно, что 1,6-диарилзамещенные 1,3,4,6-тетраоксогексаны, получаемые из арилметилкетонов оксалильной конденсацией Клайзена [1, 2], в мягких условиях взаимодействуют с 1,2-диаминобензолом и его производными с образованием практически значимых 2,3-бис-2-оксоилиденхиноксалинов [2, 3]. Наиболее изученными среди моно-оксоилидензамещенных хиноксалина являются их арилпроизводные [9]. Отметим, что

несмотря на определенную изученность, строение этих соединений до сих пор является предметом дискуссий [5].

Бис-оксоилиденхиноксалины, имеющие алкильные заместители в ацильных звеньях, до наших исследований оставались практически не изученными [4]. Широкий потенциал технологического и биологического использования соединений на основе илиденхиноксалинов является причиной дальнейших исследований в этой области. Действие 1,2-диаминобензола на 1,3,4,6-тетракетоны, имеющие в своем составе как ароильные, так и сложноэфирные фрагменты, приводит к их гетероциклизации в 2,3-*бис*-(2-оксоилиден)-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалины [1, 2, 7]. До настоящего времени реакция 1,2-диаминобензола с три- и тетракарбонильными соединениями, имеющими сближенные 1,2- и 1,3-диоксофрагменты, использовалась для подтверждения строения последних [2, 9]. Таким образом, синтезу 2,3-*бис*-(2-оксоилиден)-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалинов посвящено определенное количество публикаций, однако, данные о строении этих соединений остаются противоречивыми. Структура полученных соединений ранее не была достаточно убедительно доказана.

Нами впервые были получены практически значимые 2,3-*бис*-(2-оксоилиден)-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалины (**1a-c**), в том числе неизвестные ранее соединения, имеющие различные алкильные заместители в ацильных звеньях, в результате кратковременного нагревания 1,6-дизамещенных 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов (**2a-c**) с 1,2-диаминобензолом в этаноле (схема 1).

Синтезированные соединения (**1a-c**) представляют собой желтые или оранжевые кристаллические вещества, растворимые в хлороформе, диметилсульфоксиде, трудно растворимые в этаноле, нерастворимые в воде.

Выходы и константы хиноксалинов (**1a-c**) представлены в таблице 1.

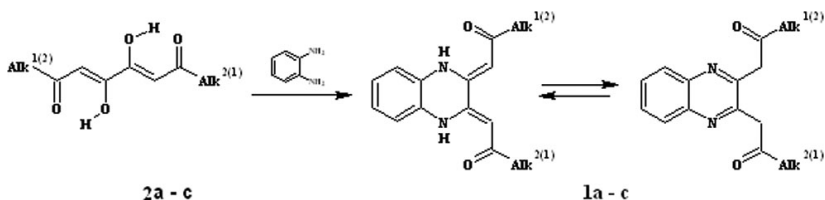


Схема 1. Синтез 2,3-*бис*-(2-оксоилиден)-1, 2, 3, 4-тетрагидрохиноксалинов (1a-c)

Alk¹ = Alk² = C₂H₅ (**1a**, **2a**); Alk¹ = Alk² = *n*-C₃H₇ (**1b**, **2b**);
Alk¹=C₂H₅, Alk² = *n*-C₃H₇ (**1c**, **2c**)

Таблица 1.

Константы и выходы
2,3-бис-(2-оксолиден)-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалинов (**1a-c**)

Соединение	Alk ¹	Alk ²	Т. пл., °С	Выход, %	Брутто-формула (мол. масса)
1a	C ₂ H ₅	C ₂ H ₅	122—124 (лит.: 123— 124 [7])	61	C ₁₆ H ₁₈ N ₂ O ₂ (270,33)
1b	<i>n</i> -C ₃ H ₇	<i>n</i> -C ₃ H ₇	114—116	61	C ₁₈ H ₂₂ N ₂ O ₂ (298,38)
1c	C ₂ H ₅	<i>n</i> -C ₃ H ₇	100—102	51	C ₁₇ H ₂₀ N ₂ O ₂ (284,35)

Особенности строения полученных хиноксалинов (**1a-c**) установлены на основании данных спектроскопии ЯМР ¹H (схема 2, см. экспериментальную часть).

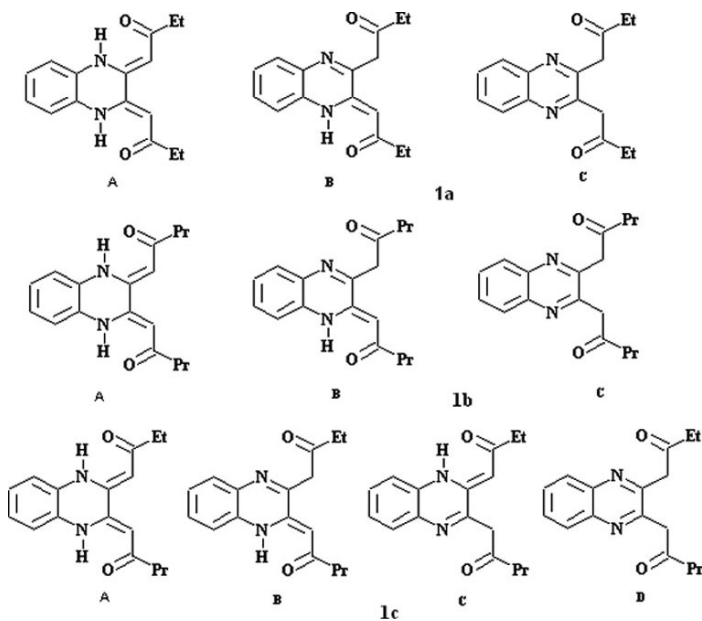


Схема 2. Структурное разнообразие соединений (**1a-c**)

Экспериментальная химическая часть.

Спектры ЯМР ^1H соединений (**1a-c**) получены на приборе «MERCURYplus-300» (300,05 МГц) в ДМСО- d_6 , внутренний стандарт — ТМС. Индивидуальность соединений (**1a-c**) подтверждена методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254 в системе гексан-ацетон, 10:1, проявление парами йода.

Общая методика получения 2,3-бис-(2-оксилиден)-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалинов (1). К 4,4 мл (50 ммоль) 2-бутанона (для синтеза соединения **1a**), или 5,4 мл (50 ммоль) 2-пентанона (для синтеза соединения **1b**) или смеси 2,2 мл (25 ммоль) 2-бутанона и 2,7 мл (25 ммоль) 2-пентанона (для синтез соединения **1c**), 3,4 мл (25 ммоль) диэтилоксалата и 100 мл толуола добавляли при перемешивании и охлаждении 2,0 г (50 ммоль) 60 % суспензии гидрида натрия в минеральном масле, 0,1 мл абсолютного метанола и нагревают 1,5-2 часа. Растворитель выпаривают, к остатку при перемешивании добавляют 50 мл 15 % HCl и 2,7 г (25 ммоль) 1,2-диаминобензола. Через 1-1,5 часа выпавший осадок соединений (**1a-c**) отфильтровывают, сушат. Перекристаллизация из этилацетата или этанола.

1,1'-(1,4-Дигидрохиноксалин-2,3-диилиден)дибутан-2-он (1a). Выход 3,58 г (53 %), т.пл. 122-124°C (лит.: т.пл. 123—124°C [7]). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1,01 т (6H, $2\text{C}^{4,4}\text{H}_3$, J 7,3 Гц, форма С), 1,03 т (3H, C^4H_3 , J 7,2 Гц, форма В), 1,12 т (6H, $2\text{C}^{4,4}\text{H}_3$, J 7,3 Гц, форма А), 1,13 т (3H, C^4H_3 , J 7,3 Гц, форма В), 2,45 кв (4H, $2\text{C}^{3,3}\text{H}_2$, J 7,3 Гц, форма С), 2,52 кв (4H, $2\text{C}^{3,3}\text{H}_2$, J 7,3 Гц, форма А), 2,53 к (2H, C^3H_2 , J 7,3 Гц, форма В), 2,69 кв (2H, C^3H_2 , J 7,2 Гц, форма В), 4,14 с (2H, C^1H_2 , форма В, 9 %), 4,24 с (4H, $2\text{C}^{1,1}\text{H}_2$, форма С, 5 %), 5,64 с (1H, C^1H , форма В), 6,06 с (2H, $2\text{C}^{1,1}\text{H}$, форма А, 86 %), 7,12 два д, 7,30 два д (4H, C_6H_4 , форма А), 7,40-7,75 м (4H, C_6H_4 , форма В), 7,85 два д, 8,06 два д (4H, C_6H_4 , форма С), 13,95 с (2H, $2\text{N}^{1,4}\text{H}$, форма А), 14,72 с (1H, N^4H , форма В). Найдено, %: С 71,38; Н 6,43; N 10,65. $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_2$. Вычислено, %: С 71,09; Н 6,71; N 10,36. M 270.

1,1'-(1,4-Дигидрохиноксалин-2,3-диилиден)дипентан-2-он (1b). Выход 4,54 г (61 %), т.пл. 114—116°C. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 0,78 т (3H, C^5H_3 , J 7,1 Гц, форма В), 0,96 т (6H, $2\text{C}^{5,5}\text{H}_3$, J 7,0 Гц, форма А), 1,19 т (3H, C^5H_3 , J 7,0 Гц, форма В), 1,66 м (4H, $2\text{C}^{4,4}\text{H}_2$, форма А), 1,66 м (4H, $2\text{C}^{4,4}\text{H}_2$, форма В), 2,47 т (4H, $2\text{C}^{3,3}\text{H}_2$, J 7,0 Гц, форма А), 2,47 т (2H, C^3H_2 , J 7,0 Гц, форма В), 2,67 т (2H, C^3H_2 , J 7,1 Гц, форма В), 4,15 с (2H, C^1H_2 , форма В, 2 %), 5,62 с (1H, C^1H , форма В), 6,05 с (2H, 2H, $2\text{C}^{1,1}\text{H}$, форма А, 98 %), 7,12 два д, 7,28 два д (4H, C_6H_4 , форма А), 7,40-7,80 м (4H, C_6H_4 , форма В), 14,02 с (2H, $2\text{N}^{1,4}\text{H}$, форма А), 14,02 с

(1H, N⁴H, форма В). Найдено, %: С 72,64; Н 7,21; N 9,58. C₁₈H₂₂N₂O₂. Вычислено, %: С 72,46; Н 7,43; N 9,39. *M* 298.

(1Z)-1-[(3Z)-3-(2-Оксобутилиден)-3,4-дигидрохиноксалин-2(1H)-илиден]пентан-2-он (1с). Выход 3,62 г (51 %), т.пл. 100—102°С. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 0,75 т (3H, C⁵H₃, *J* 7,4 Гц, форма D), 0,89 т (3H, C⁵H₃, *J* 2,6 Гц, форма В), 0,91 т (3H, C⁴H₃, *J* 2,6 Гц, форма С), 0,96 т (3H, C⁵H₃, *J* 7,5 Гц, форма А), 1,01 т (3H, C⁴H₃, *J* 2,9 Гц, форма D), 1,12 т (3H, C⁴H₃, *J* 7,7 Гц, форма А), 1,21 т (3H, C⁵H₃, *J* 7,0 Гц, форма С), 1,33 т (3H, C⁴H₃, *J* 7,4 Гц, форма В), 1,57 м (2H, C⁴H₂, форма В), 1,57 м (2H, C⁴H₂, форма А), 1,66 м (2H, C⁴H₂, форма А), 1,86 м (2H, C⁴H₂, форма С), 2,32 т (2H, C³H₂, *J* 7,4 Гц, форма D), 2,38 т (2H, C³H₂, *J* 2,6 Гц, форма В), 2,42 кв (2H, C³H₂, *J* 2,6 Гц, форма С), 2,42 кв (2H, C³H₂, *J* 2,9 Гц, форма D), 2,48 т (2H, C³H₂, *J* 7,0 Гц, форма А), 2,55 к (2H, C³H₂, *J* 7,7 Гц, форма А), 2,65 т (2H, C³H₂, *J* 7,0 Гц, форма С), 2,70 кв (2H, C³H₂, *J* 7,4 Гц, форма В), 4,15 с (2H, C¹H₂, форма В, 3 %), 4,15 с (2H, C¹H₂, форма С, 3 %), 4,24 с (4H, 2C^{1,1'}H₂, форма D, 2 %), 5,62 с (1H, C¹H, форма В), 5,65 с (1H, C¹H, форма С), 6,07 с (2H, 2H, 2C^{1,1'}H, форма А, 92 %), 7,13 два д, 7,32 два д (4H, C₆H₄, форма А), 7,40-7,80 м (4H, C₆H₄, форма В), 7,40—7,80 м (4H, C₆H₄, форма С), 7,82 два д, 8,09 два д (4H, C₆H₄, форма D), 13,96 с (1H, N⁴H, форма А), 14,03 с (1H, N¹H, форма А), 14,77 с (1H, N¹H, форма В), 14,72 с (1H, N⁴H, форма С). Найдено, %: С 72,08; Н 6,93; N 10,07. C₁₇H₂₀N₂O₂. Вычислено, %: С 71,81; Н 7,09; N 9,85. *M* 284.

Список литературы:

1. Кириллова Е. А., Муковоз П. П., Виноградов А. Н., Козьминых В. О., Дворская О. Н. Синтез, особенности строения и таутомерия 1,6-дизамещённых 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, 2011. Т. 54. № 4. С. 18—22.
2. Козьминых В. О., Гончаров В. И., Козьминых Е. Н. Конденсация Клайзена метилкетонов с диалкилоксалатами в синтезе биологически активных карбонильных соединений (обзор, часть 3) // Вестник Оренбургского гос. Ун-та. Оренбург, 2007. Вып. 5 (69). С. 138—148.
3. Козьминых В. О., Игидов Н. М., Андрейчиков Ю. С., Семёнова З. Н., Колла В. Э., Дровосекова Л. П. Синтез и биологическая активность 3-(5-арил-3-оксо-2,3-дигидро-2-фуранил)-1,2,3,4-тетрагидро-2-хиноксалонов и 2-ароилметиленихиноксалинов // Хим.-фарм. журнал. 1992. Т. 26. № 9—10. С. 59—63.
4. Пат. России 2009136 (1991) / Козьминых В. О., Игидов Н. М., Андрейчиков Ю. С. Способ получения 2,3-бис-ароилметилени-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалинов // Изобретения. 1994. № 5. С. 116.

5. Козьминых Е. Н. Синтез, строение, нуклеофильные превращения и биологическая активность пятичленных 2,3-дигидро-2-метил-3-оксогетероциклов и близких по структуре соединений // авт. на соискание ученой степени доктора фарм.наук. 1999. Пермь. 44 с.
6. Машевская И. В., Толмачева И. А., Воронова Э. В., Одегова Т. Ф., Александрова Г. А., Голенева А. Ф., Кольцова С. В., Масливец А. Н. Сравнительная антимикробная активность некоторых соединений хиноксалина, 1,4-бензоксазина и их азааналогов // Хим.-фарм. журн. 2002. Т. 36. № 2. С. 33—35.
7. Муковоз П. П., Дворская О. Н., Козьминых В. О. Синтез и особенности строения эфиров 3,4-дигидрокси-1,6-гександиовой кислоты // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, 2011. Т. 54. № 5. С. 96—100.
8. Перевалов С. Г., Бургарт Я. В., Салоутин В. И., Чупахин О. Н. (Гет)ароилпировиноградные кислоты и их производные как перспективные «строительные блоки» для органического синтеза // Успехи химии. 2001. Т. 70. № 11. С. 1039—1058.
9. Питиримова С. Г. Исследование в области конденсированных гетероциклических соединений, содержащих ядро хиноксалина, обладающих биологической активностью // Диссертация на соискание ученой степени кандидата хим. наук. 1979. Пермь. 139 с.

3. ФИЗИКА

3.1. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ФИЗИКА АТОМА

О СТРОЕНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Плеханов Петр Георгиевич

*руководитель Студенческого конструкторского бюро, Самарский
машиностроительный колледж (Астрофизическая лаборатория),
г. Самара*

Попов Никита Александрович

*студент, Самарский машиностроительный колледж
(Астрофизическая лаборатория), г. Самара
E-mail: skb.smk@vandex.ru*

В статье обосновывается, что закономерность увеличения количества электронов на орбиталях атома $N=2n^2$ является основной формулой строения атома. Предполагается, что установленная в работе [2] закономерность увеличения среднего расстояния пояса Койпера и пояса астероидов с соотношении равным числу два 2 умноженное на десять $R_{pk}=R_{pa} \times (2 \times 10)$ является основной формулой строения Солнечной системы.

Знаменитый русский ученый Д. И. Менделеев 1 марта 1869 году открыл Периодический закон и таблицу химических элементов. Это был итог исследований самого ученого и обобщение опыта других исследователей.

Ни одна классификация элементов до Д. И. Менделеева не была полной и гармоничной [1]. История создания Менделеевым таблицы, как графического отображения Периодического закона химических элементов, привлекает к себе внимание исследователей на протяжении многих десятков лет. И сегодня остается не выясненным основной вопрос, как же была создана периодическая система химических элементов? Известно, что строение таблицы Д. И. Менделееву приснилась. Известно и то, что он все это придумал, имея характер великого выдумщика.

Исследования основ построения Периодической таблицы химических элементов показали, что она построена на основе простой

закономерности - зависимости количества электронов от порядкового номера энергетического уровня атома, которая имеет вид:

$$N/n^2=2, \quad (1)$$

где N — максимальное количество электронов на энергетическом уровне,

n — порядковый номер энергетического уровня.

Эту формулу Д. И. Менделеев не упоминает в виду того, что она ему показалась слишком простой. Однако эта формула имеет глубокий не только химический, но и физический смысл. Физическим понятием формулы является закономерность увеличения атомной массы химического элемента (количеством электронов атома). Из строения атома известно, что электроны с приблизительно с одинаковыми запасами энергии вокруг ядра атома образуют электронные слои — энергетические уровни.

Электроны внешнего уровня одного элемента взаимодействуют с внешним энергетическим уровнем другого элемента. Количество Энергетических уровней вокруг атома может быть несколько, а и их число совпадает с номером периода таблицы. По теории Резерфорда ядро имеет положительный электрический заряд и окружено облаком электронов вращающихся вокруг ядра. Ядро чрезмерно мало самого атома, Для сравнения предположим, что атом это большой театр, а ядро соизмерим с размерами мухи (3), но в нем сосредоточена почти вся масса атома. Строение оболочки атома, имеет определенное число энергетических уровней на некотором расстоянии от ядра, но с разным количеством электронов в каждом уровне. Заряд ядра равен сумме электронов. Чем крупнее ядро, тем больше его заряд и тем больше вокруг его вращается электронов. Схема расположения энергетических уровней вокруг ядра на примере атома Марганца (Mg) показана на рис. 1.

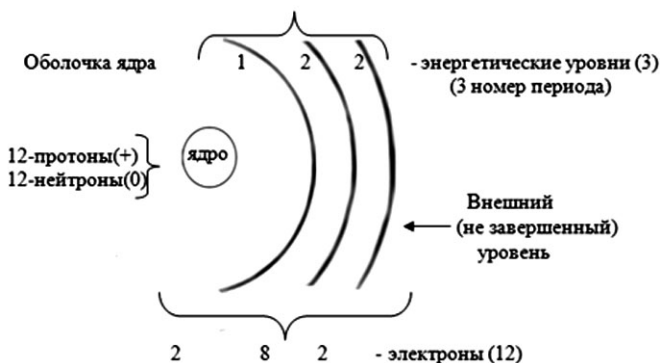


Рисунок 1. Энергетические уровни вокруг ядра атома

Известно, что ядро чрезмерно мало самого атома и Солнце чрезмерно мало самой Солнечной системы в этом наблюдается некоторая симметрия микромира и макромира. В статье рассматривается некоторое единство физического смысла формулы строения атома (1) и формулы полученной в работе [1] строения Солнечной системы:

$$R_{n+1}=2R_n \quad (2)$$

Физическим понятием формулы является закономерность увеличения расстояний планет в группах. Из модели строения Солнечной системы известно, что группы планет имеют единое число планет, Солнце очень мало по сравнению размерами Солнечной системы (24000 а. е.) и орбиты планет круговые и расположены в плоскости Солнца. Составлена таблица сопоставления параметров строения атома и строения Солнечной системы.

Таблица 1.

Таблица сравнения строения атома и солнечной системы

Параметры строения системы	Электронная система атома	Солнечная планетная система
Центральное тело	ядро	звезда
Внешняя часть	Внешний энергетический уровень	Окраина Солнечной системы (облако комет Орта)
Закономерность	$N=2n^2$	$R_{n+1}=2R_n$
Соотношение масс	Ядро - почти вся масса системы атома	Звезда - почти вся масса Солнечной системы
Сдвиг	Электроны	Малые тела
Орбита	Круговая и эллиптическая	Круговая и эллиптическая
Постоянное число	4 - разность количества электронов на первых двух уровнях	4 - по четыре планеты в группах
Периоды	Изменение свойств	Образования групп совершенно разных планет

В таблице сравнения параметров показано сходство строения атома и строения Солнечной системы.

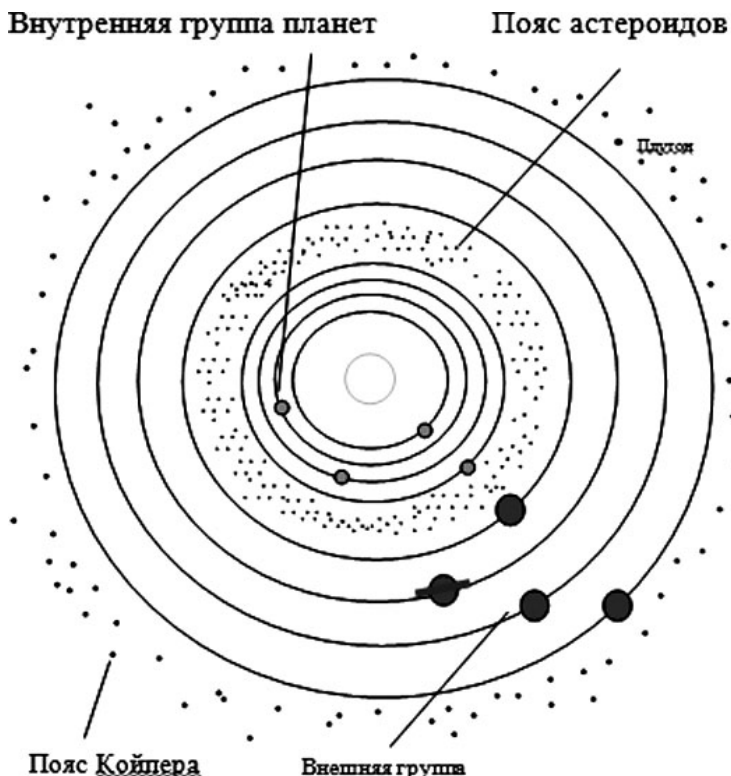


Рисунок 2. Наблюдаемая часть планетной системы в модели строения всей Солнечной системы [3, 4, 5]

Выводы

1. Впервые истории химии в Периодической таблице Д. И. Менделеева показана гармоничность химических элементов и твердо предсказано о существовании, неизвестных ранее, элементов, более того им ориентировочно определены их атомные веса.

2. Впервые в истории астрономии в модели строения всей Солнечной системы П. Г. Плеханова показана гармоничность строения групп планет и строения всей Солнечной системы и твердо предсказано и научно обосновано о существовании неизвестных ранее объектов на ее окраине и более того теоретически получены их расстояния от Солнца. Установлена и научно обоснована природа групп планет, пояса астероидов, круговых орбит и наблюдаемой закономерности увеличения расстояний планет [3, 4, 5].

Список литературы:

1. Гурова А. В., Рыбникова О. Е. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. М.: АСТ-АСТРЕЛЬ, 2006. 128 с.
2. Плеханов П.Г. О существовании постоянной в соотношениях расстояний планет в группах в ранний период их аккумуляции. Доклады 53-й научн. конференции СГПУ. Самара, 1999. С. 72—76.
3. Плеханов П. Г. Механизм образования планет группами на круговых орбитах. Доклады 54-й научной конференции СГПУ. Самара, 2000. 30 с.
4. Плеханов П. Г. Солнечная система XXI века: монография. Самара, 2003. 200 с.
5. Плеханов П. Г. Строение всей Солнечной системы и механика ее формирования — заявка в МААО при РАЕН научная гипотеза. Самара, 2011. 60 с.

3.2. ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

МАГНЕТСОПРОТИВЛЕНИЕ И ПЬЕЗОСОПРОТИВЛЕНИЕ В КРЕМНИИ P-ТИПА

Таймуратова Лидия Унгарбаевна

*канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель, Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау, Республика Казахстан
E-mail: taimuratova@mail.ru*

Явление магнетосопротивления состоит, в сущности, в возрастании электрического сопротивления полупроводника (или металла) при помещении его в магнитном поле.

При решении уравнения Больцмана для носителей в электрическом и магнитном полях зависимость $\mathcal{E}(k)$ имеет квадратичный вид. Рассматриваемом случае, закон дисперсии отличается от квадратичного и уравнение Больцмана может быть решено только при некоторых приближениях, Лэкс и Мавройдес [5, с. 1651] рассмотрели случай слабых магнитных полей, используя разложение в ряд по степеням H . Рассмотрим кратко метод Макклюра [8, с. 1642], который можно применять в магнитных полях произвольной напряженности. Суть его заключается в том, что скорость дырки, определяющаяся, как $v^{\rho} = \frac{\nabla_k \mathcal{E}}{\hbar}$ и меняющаяся вдоль

орбиты дырки в k -пространстве, разлагается в окрестности пересечения изоэнергетической поверхности и плоскости, перпендикулярной H , в ряд по степеням $\omega_n t$, где $\omega_c = \chi e H (A_0 - B'_0) / m_0 c$ — частота движения по географу в отсутствие электрического поля. Для большого отклонения изоэнергетической поверхности от сферы следует сохранить большое число членов разложения Фурье (до $5 \omega_c t$ для тяжелых дырок).

Рассмотрим теперь уравнение Больцмана (случай слабого магнитного поля):

$$(\vartheta \nabla_r f) + \frac{e}{\hbar} \{E + [\vartheta B]\} \nabla_k f + \frac{f - f_0}{\tau_m} = 0,$$

в котором $\nabla_r f = 0$, а ϑ дается формулой $\vartheta = \frac{\nabla_k \mathcal{E}}{\hbar}$, сводится к виду

$$\frac{e}{\hbar} \left\{ E + \frac{1}{\hbar} [\nabla_k \mathcal{E} B] \nabla_k f \right\} + \frac{f - f_0}{\tau_m} = 0$$

и упрощается подстановкой выражения

$$f = f_0 - a \frac{\partial f_0}{\partial \mathcal{E}}.$$

Время релаксации импульса τ_m считаем не зависящим от направления, так как экстремум зоны находится в точке $k=0$ и имеется симметрия кубической решетки:

$$\frac{e}{\hbar} \left\{ E + \frac{1}{\hbar} [\nabla_k \mathcal{E} B] \right\} \left(\frac{\partial f_0}{\partial \mathcal{E}} \nabla_k \mathcal{E} - \frac{\partial f_0}{\partial \mathcal{E}} \nabla_k a - a \frac{\partial^2 f_0}{\partial \mathcal{E}^2} \nabla_k \mathcal{E} \right) - \frac{a}{\tau_m} \frac{\partial f_0}{\partial \mathcal{E}} = 0.$$

В случае слабого электрического поля произведениями E на a и E на $\nabla_k a$ можно пренебречь. Произведение $([\nabla_k \mathcal{E} B] \nabla_k \mathcal{E}) = 0$, поэтому уравнение (2.5.4) принимает вид:

$$a = \tau_m \frac{e}{\hbar} \left\{ (E \nabla_k \mathcal{E}) + \frac{1}{\hbar} (B [\nabla_k \mathcal{E} \nabla_k a]) \right\} = \tau_m \frac{e}{\hbar} (E \nabla_k \mathcal{E}) + \tau_m e (B \Omega) a, \quad (1)$$

где введен оператор

$$\Omega = \frac{1}{\hbar^2} [\nabla_k \mathcal{E} \nabla_k]. \quad (2)$$

Для небольших значений a в первом приближении:

$$a_1 = \tau_m \frac{e}{\hbar} (E \nabla_k \mathcal{E}), \quad (3)$$

во втором приближении:

$$a_2 = \tau_m \frac{e}{\hbar} (E \nabla_k \mathcal{E}) + \tau_m \frac{e^2}{\hbar} (B \Omega) \tau_m (E \nabla_k \mathcal{E}) \quad (4)$$

и т. д. Для любого приближения плотность тока j определяется, как обычно, подстановкой величины a в выражение:

$$j = -\frac{e}{4\pi^3 \hbar} \int \nabla_k \mathcal{E} a \frac{\partial f_0}{\partial \mathcal{E}} d^3 k, \quad (5)$$

где a_1, a_2, \dots имеют вид (4), (5) и т. д. Феноменологически j состоит из компонент:

$$j_i = -\sum_j \sigma_{ij} E_j + \sum_{ik} \sigma_{ijk} E_j B_k + \sum_{jkl} \sigma_{ijkl} E_j B_k B_l. \quad (6)$$

Из сопоставления коэффициентов следует:

$$\sigma_{ij} = -\frac{e^2}{4\pi^3 \hbar^2} \int \tau_m \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial k_i} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial k_j} \frac{\partial f_0}{\partial \mathcal{E}} d^3 k, \quad (7)$$

$$\sigma_{ijk} = \frac{e^3}{4\pi^3 \hbar} \int \tau_m \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial k_i} \frac{\partial f_0}{\partial \mathcal{E}} \sum_{r,s} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial k_r} \frac{\partial}{\partial k_s} \left(\tau_m \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial k_j} \right) \delta_{krs} d^3 k, \quad (8)$$

где δ_{krs} — тензор перестановки ($\delta_{123} = \pm 1, \delta_{132} = -1, \delta_{krs} = 0$), если два индекса одинаковы, и

$$\sigma_{ijkl} = -\frac{e^4}{4\pi^3 \hbar^6} \int \tau_m \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial k_i} \frac{\partial f_0}{\partial \mathcal{E}} \sum_{r,s} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial k_r} \frac{\partial}{\partial k_s} \left[\tau_m \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial k_i} \frac{\partial}{\partial k_u} \left(\tau_m \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial k_j} \right) \right] \delta_{krs} \delta_{ku} d^3 k \quad (9)$$

Если τ_m зависит от \mathcal{E} , но не зависит от направления \mathbf{k} , его можно вынести перед знаком оператора Ω в выражении (2), так как:

$$\Omega \tau_m (E \nabla_k \mathcal{E}) = (E \nabla_k \mathcal{E}) \Omega \tau_m + \tau_m \Omega (E \nabla_k \mathcal{E}), \quad (10)$$

где

$$\Omega \tau_m = \frac{1}{\hbar^2} [\nabla_k \mathcal{E} \nabla_k \tau_m] = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d\tau_m}{d\mathcal{E}} [\nabla_k \mathcal{E} \nabla_k \mathcal{E}] = 0. \quad (11)$$

Следовательно, в подынтегральных выражениях (10) и (12) τ_m можно вынести из скобок и объединить с имеющимся там множителем τ_m , в результате появятся множители τ_m^2, τ_m^3 и т. д. Результаты интегрирования в обозначениях, которые использовались в

$$\sigma = \frac{\sigma(m_0)}{\sqrt{A_0 \pm B_0}} (1 + 0,016675 + 0,041369 \Gamma^2 + 9,0679 \cdot 10^{-4} \Gamma^3 + 9,1959 \cdot 10^{-4} \Gamma^4 + \dots)$$

принимает вид

$$\sigma_{ijk} = \sigma_{ijk}(m_0) \sqrt{A_0 + B_0'} (1 - 0,01667 + 0,017956 \Gamma^2 - 0,0069857 \Gamma^3 + \dots) \quad (12)$$

$$\sigma_{xyxy} = \sigma_{xyxy}(m_0) (A_0 + B_0')^{\frac{3}{2}} (1 - 0,2214 \tilde{A} + 0,3838 \tilde{A}^2 - 0,0167 \tilde{A}^3 + 0,00755 \tilde{A}^4 + \dots) \quad (13)$$

$$\sigma_{xxxx} = -2\sigma_{xyyx} = \frac{16}{1155}\sigma_{xyxy}(m_0)(A_0 \pm B'_0)^{3/2} * \quad (14)$$

$$* \Gamma^2(1 - 0,4295\Gamma + 0,0188\Gamma^2 + 0,0103\Gamma^3 + \dots)$$

$$\sigma_{xyxy} = -\sigma_{xyxy}(m_0)(A_0 \pm B'_0)^{3/2}(1 - 0,05\Gamma - 0,0469\Gamma^2 + 0,04\Gamma^3 - 0,00063\Gamma^4 + \dots) \quad (15)$$

где $\sigma_{xyxy}(m_0) < 0$, и так как $\sigma_{xxxx} \neq 0$, то существует продольное магнетосопротивление, которое является следствием гофрированности изоэнергетических поверхностей. Если воспользоваться обозначением $\Delta\rho/\rho B^2$ символом M с нижним индексом, указывающим кристаллографическое направление, в котором протекает ток, и верхним индексом, указывающим направление магнитного поля, то для магниторезистивного эффекта получаем:

$$M_{100}^{100} = -\frac{\sigma_{xxxx}}{\sigma_0}; \dots; M_{110}^{110} = -\frac{\sigma_{xxxx} + \sigma_{xyxy} + \sigma_{xyyx} + \sigma_{xyxy}}{2\sigma_0}; \dots;$$

$$M_{100}^{010} = -\frac{\sigma_{xyxy}}{\sigma_0} - \left(\frac{\sigma_{xyz}}{\sigma_0}\right)^2; \dots; \quad (16)$$

$$M_{110}^{110} = -\frac{\sigma_{xxxx} + \sigma_{xyxy} - \sigma_{xyyx} - \sigma_{xyxy}}{2\sigma_0}$$

Ограничимся этими примерами [6, с. 1530, 7, 5, 2, 3], соответствующими наиболее важным кристаллографическим направлениям.

Для сопоставления этих расчетов и результатов экспериментальных исследований кремния р-типа вклады [9, с. 768, 1, с. 1593] в электропроводность и в магниторезистивный эффект легких и тяжелых дырок складываются по формулам:

$$\sigma_{ij} = -\frac{e^2}{4\pi^3\hbar^2} \int \tau_m \frac{\partial \varepsilon}{\partial k_i} \frac{\partial \varepsilon}{\partial k_j} \frac{\partial f_0}{\partial \varepsilon} d^3k, \quad (17)$$

и

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_B B_z^2} = \frac{9\pi}{16} \mu_p^2 \left[\frac{1+\eta b^3}{1+\eta b} - \frac{\pi}{4} \left(\frac{1+\eta b^2}{1+\eta b} \right)^2 \right], \quad (18)$$

соответственно. При вычислении электропроводности вкладом легких дырок можно пренебречь вследствие небольшого их количества, однако в случае магниторезистивного эффекта учет легких дырок совершенно необходим. Предположение, что времена релаксации тяжелых и легких дырок одинаковы, легко обосновать. Любая легкая дырка быстро превращается в тяжелую дырку вследствие рассеяния на колебаниях решетки по двум причинам: 1) избыток энергии легкой дырки уносит фонон, поэтому обратный процесс менее вероятен $N_q + 1 \gg N_q$, и 2) плотность состояний в подзоне тяжелых дырок больше и, следовательно, вероятность перехода в эту подзону больше вероятности обратного перехода. Однако в случае рассеяния на ионизированных примесях времена релаксации легких и тяжелых дырок различаются. В диапазоне температур, в котором легкие дырки рассеиваются на ионизированных примесях, а тяжелые дырки - на колебаниях решетки, трудно дать удовлетворительное объяснение экспериментальных результатов.

Валентная зона кремния дважды вырождена в точке экстремума $k=0$ и поверхности равной энергии имеет довольно сложный вид (деформированная сфера), описываемый формулой:

$$\mathcal{E}(k) = Ak^2 \pm [Bk^4 + C(k_x^2 k_y^2 + k_y^2 k_z^2 + k_z^2 k_x^2)], \quad (19)$$

а при деформационном снятии вырождения $\mathcal{E}(k)$ в области малых значений энергии $\Delta\mathcal{E} \ll k_0 T$ может быть выражена следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\pm}(k) = \left(A \pm \frac{D}{2\sqrt{3}} \right) k_{\perp}^2 + \left(A \mp \frac{D}{\sqrt{3}} \right) k_{\parallel}^2 + \mathcal{E}_0 \quad \text{для X} \parallel [111], \quad (20)$$

$$\mathcal{E}_{\pm}(k) = \left(A \pm \frac{B}{2} \right) k_{\perp}^2 + (A \mp B) k_{\parallel}^2 + \mathcal{E}'_0 \quad \text{для X} \parallel [001]. \quad (21)$$

A, B, C, D — зонные параметры, $\mathcal{E}_0, \mathcal{E}'_0$ — расщепления валентной зоны при одноосной деформации, определяемые следующим соотношением:

$$\mathcal{E}_0 = \frac{d}{\sqrt{3}} S_{44} X, \quad (22)$$

$$\varepsilon'_0 = 2\varepsilon(S_{11} - S_{12})X, \quad (23)$$

где d и v — константы деформированного потенциала валентной зоны, описывающие относительное смещение по энергии легких и тяжелых дырок при $X \parallel [111]$ и $X \parallel [001]$, соответственно.

Из (22) и (23) видно, что изоэнергетические поверхности расщепленных одноосной деформацией валентных зон представляют собой эллипсоиды вращения (а при $X \parallel [110]$ — трехосные эллипсоиды) с осью вращения, совпадающей с осью деформации, и эффективными массами дырок $m_{\perp} \succ m_{\parallel}$ для нижней из расщепившихся зон, $m_{\perp} \prec m_{\parallel}$ для верхней, отщепленной деформацией валентной зоны.

Основными механизмами тензоэффектов в кремнии р — типа являются:

- а) перестройка зонного спектра дырок при сильной одноосной деформации;
- б) переселение дырок из верхней отщепленной зоны в нижнюю зону;
- с) изменение при деформации относительного вклада различными механизмами рассеяния;
- д) изменение при деформации анизотропии рассеяния.

В связи с тем, что при одноосной деформации в валентной зоне кремния происходит коренная перестройка энергетического спектра дырок, то сведения об анизотропии рассеяния дырок могут быть получены только на основе измерений как продольного, так и поперечного (относительно оси деформации) пьезосопротивления.

Наложение сильной одноосной упругой деформации сжатия в валентной зоне кремния, приводит к снятию вырождения в точке экстремума $\mathbf{k}=0$, при этом переселяются носители из зоны легких дырок $\left(j = \pm \frac{3}{2}\right)$ в зону тяжелых дырок $\left(j = \pm \frac{1}{2}\right)$, а также происходит перестройка зонного спектра дырок, в обеих зонах (энергетические поверхности принимают вид эллипсоида вращения с осью вращения, совпадающей с осью деформации, и эффективными массами дырок $m_{\perp} \succ m_{\parallel}$ для нижней из расщепившихся зон $j = \pm \frac{1}{2}$ и $m_{\perp} \prec m_{\parallel}$ для верхней отщепленной деформацией валентной зоны $j = \pm \frac{3}{2}$ и изменяется анизотропия рассеяния дырок.

Благодаря этому исследование только продольного пьезосопротивления не позволяет определить анизотропию подвижности дырок без измерений поперечного пьезосопротивления.

При достаточной деформации практически реализуется одноэллипсоидальная модель (так как все носители сосредотачиваются в зоне $M_j = \pm \frac{1}{2}$), следовательно, можно определить параметр анизотропии подвижности следующим образом:

$$k = \frac{\rho_{II}}{\rho_{\perp}} = \frac{m_{II} \langle \tau_{\perp} \rangle}{m_{\perp} \langle \tau_{II} \rangle}, \quad (23)$$

где $m_{II,\perp}$, $\langle \tau_{II,\perp} \rangle$ — компоненты эффективной массы и тензора времени релаксации, усредненные по энергии, вдоль и поперек оси вращения эллипсоида, с которой совмещена ось деформирующего усилия.

Эффективные массы в таких эллипсоидах можно определить по формулам:

$$m_{II} = \left[A + B + 4B \frac{e}{\Delta} (S_{11} - S_{12}) X \right]^{-1}, \quad (24)$$

$$m_{\perp} = \left[A - \frac{B}{2} - 2B \frac{e}{\Delta} (S_{11} - S_{12}) X \right]^{-1} X \parallel [001],$$

$$m_{II} = \left(A + \frac{D}{\sqrt{3}} + \frac{2}{3} D \frac{d}{\Delta} S_{44} X \right)^{-1}, \quad (25)$$

$$m_{\perp} = \left(A - \frac{D}{\sqrt{3}} - \frac{D}{3} \frac{d}{\Delta} S_{44} X \right)^{-1} X \parallel [111].$$

Здесь A , B , D — зонные параметры, e и d — константы потенциала деформации, S_{11} , S_{12} , S_{44} — упругие модули, Δ — величина спин-орбитального расщепления.

В случае смешанного рассеяния, формулу (23) можно записать в виде:

$$k = \frac{m_{\parallel} \Phi_{0a} J_1}{m_{\perp} \Phi_{1a} J_2}. \quad (26)$$

При больших механических напряжениях величина расщепления, создаваемого деформацией, может стать больше величины Δ (для кремния $\Delta = 0,04\text{эВ}$) и может приводить к неполному насыщению пьезосопротивления.

Список литературы:

1. Brown D. M., Bray R., Analysis of Lattice and Ionized Impurity Scattering in p-Type Germanium //Phys. Rev. — 1962. — V. 127. — P. 1593.
2. Glicksman Maurice. Magnetoresistance of Germanium—Silicon Alloys. // Phys. Rev. — 1955. —V. 100. — P. 1146.
3. Gold L. and Roth L. M. Galvanomagnetic Theory for Electrons in Germanium and Silicon: Magnetoresistance in the High-Field Saturation Limit. // Phys. Rev. — 1956. — V. 103. — P. 61.
4. Lawaetz P. Low-Field Mobility and Galvanomagnetic Properties of Holes in Germanium with Phonon Scattering.// Phys. Rev. — 1968. — V.174. — P. 867.
5. Lax B., Mavroides I. G. Statistics and Galvanomagnetic Effect in Germanium and Silicon with Warped Energy Surfaces // Phys. Rev. — 1955. — V. 100. № 7 — P. 1650—1657.
6. Mavroides I. G., Lax B. Magnetoresistance of Holes in Germanium and Silicon with Warped Energy Surfaces. //Phys. Rev. — 1957. — V. 107. — P. 1530.
7. Mavroides I. G., Lax B. Magnetoresistance of Holes in Germanium and Silicon with Warped Energy Surfaces. //Phys. Proc. Rev. — 1957. — V. 108. — P. 1648.
8. McClure J. W., //Field Dependence of Magnetoconductivity. //Phys. Rev. — 1956. — V. 101. — P. 1642.
9. Pearson G. L., Suhl H. The Magneto-Resistance Effect in Oriented Single Crystals of Germanium. //Phys. Rev. — 1951. — V. 83. — P. 768.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАРЯЖЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ С ДИСКРЕТНЫМ СПЕКТРОМ ЛОВУШЕК

Эбель Андрей Александрович

ассистент кафедры общей математики, ЮУрГУ, г. Челябинск

E-mail: ebel_aa@rambler.ru

Введение

Эффекты накопления зарядов наблюдаются практически всегда, когда диэлектрики подвергаются воздействию проникающей радиации. Заряды могут вноситься внутрь диэлектриков облучением их пучками заряженных частиц либо генерироваться в виде электронно-дырочных пар. Радиационное зарядение диэлектриков имеет принципиальное значение при использовании диэлектриков в атомной промышленности и космической технике. Свойства облученных диэлектриков в отношении удержания и переноса зарядов наиболее полно описываются в рамках феноменологической модели Роуза-Фаулера [1, 3, 6]. Однако аналитические и существующие численные решения [2, 7] получены только для вариантов модели с рядом существенных упрощений, таких как пренебрежение дрейфом носителей заряда, равномерная генерация квазисвободных электронов и дырок по объему, однородность внешнего электрического поля, квазинейтральность образца диэлектрика, постоянство во времени спектра ловушек (локализованных энергетических состояний в запрещенной зоне) и другие. Такие приближения не позволяют рассматривать сильно неоднородные процессы, включая радиационный пробой диэлектриков. Данная работа посвящена построению более общей реализации модели Роуза-Фаулера, не связанной с перечисленными ограничениями.

Математическая модель

Уравнения кинетики носителей заряда, основанные на модели Роуза-Фаулера, учитывают инжекцию заряда, ионизационное образование электронно-дырочных пар, их взаимную рекомбинацию, захват и освобождение носителей заряда из ловушек, дрейф носителей заряда в созданном ими электрическом поле. В одномерном случае система уравнений модели Роуза-Фаулера имеет вид:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = Q_N + S + \sum_m \frac{N_m}{\tau_m} - \alpha_N N \sum_l P_l - N \sum_m k_m^{(N)} (M_m - N_m) - \frac{\partial J_N}{\partial z}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} = Q_P + S + \sum_l \frac{P_l}{\tau_l} - \alpha_P P \sum_m N_m - P \sum_l k_l^{(P)} (L_l - P_l) - \frac{\partial J_P}{\partial z}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial N_m}{\partial t} = -\frac{N_m}{\tau_m} - \alpha_p P N_m + N k_m^{(N)} (M_m - N_m), \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

$$\frac{\partial P_l}{\partial t} = -\frac{P_l}{\tau_l} - \alpha_p N P_l + P k_l^{(P)} (L_l - P_l), \quad l = 1, 2, 3, \dots; \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = -\frac{e}{\epsilon \epsilon_0} \left[\left(P + \sum_1 P_l \right) - \left(N + \sum_m N_m \right) \right]. \quad (5)$$

Здесь t — время; N , P — концентрации отрицательных и положительных свободных носителей зарядов; Q_N , Q_P — скорости генерации электронов и дырок путем термализации электронов; $S = D/\omega_1$ — скорость генерации электронно-дырочных пар вследствие ионизации среды (D — мощность дозы, ω_1 — энергия образования электронно-дырочных пар); α_N , α_p — константы рекомбинации отрицательных и положительных носителей заряда; $J_N = -\mu_N N E$, $J_P = \mu_P P E$ — токи, обусловленные движением электронов и дырок; μ_P — истинные подвижности электронов и дырок; $k_m^{(N)}$, $k_l^{(P)}$ — коэффициенты захвата свободного заряда на ловушках; M_m , L_l — концентрации ловушек; N_m , P_l — концентрации захваченных носителей заряда на ловушках; $\tau_{m(l)} = \frac{1}{v_{N(P)}} \exp\left(-\frac{\xi_{m(l)}}{kT}\right)$ — среднее время жизни захваченного электрона (дырки) в ловушке типа m (l), имеющей энергию $\xi_{m(l)}$; v_N , v_P — частотный фактор; $E = -\frac{\partial \varphi}{\partial z}$ — напряженность электрического поля; φ — потенциал; e — элементарный заряд; ϵ — диэлектрическая проницаемость; ϵ_0 — электрическая постоянная.

Скорости термализации и генерации зарядов в общем случае определяются из решения задачи переноса излучения. Спектр ловушек в большинстве материалов может быть аппроксимирован экспоненциальным или гауссовым распределением [4, 7].

Для решения системы уравнений применяется метод разделения по физическим процессам. На первом этапе пренебрегаем дрейфом носителей зарядов под действием электрического поля, и рассматриваем изменение плотности зарядов в течение промежутка

времени от t_j до t_{j+1} за счет процессов рождения частиц и рекомбинации. На втором этапе вычисляются эффекты переноса носителей заряда в электрическом поле, в результате чего определяются окончательные значения концентраций частиц в $(j+1)$ -й момент времени. Скорость движения носителей определяется подвижностью носителей и напряженностью электрического поля. На третьем этапе по распределению электронов и дырок в текущий момент времени методом прогонки решалось уравнение для электрического поля (5).

Численный эксперимент

В первую очередь было проведено сравнение предложенного здесь численного метода для решения уравнений одно- и двухловушечной модели Роуза-Фаулера (1) — (5) для случая однородного облучения с методом Гира [5] и приближенным аналитическим решением [7]. Результаты расчетов полностью совпадают, что свидетельствует о применимости разработанного метода для решения уравнений модели радиационного заряжения диэлектрика. Следует отметить, что разработанный метод экономичнее метода Гира и легче обобщается на случай неоднородного распределения носителей заряда.

Далее была рассмотрена задача с непрерывным спектром ловушек. При численной реализации непрерывный спектр ловушек по энергии заменялся дискретным спектром (кусочно-постоянной функцией) [4, 7]. Участки постоянного значения энергии интерпретируются далее как один тип ловушек с соответствующей энергией и концентрацией. Разбивка диапазона энергии осуществляется так, чтобы концентрации ловушек разного типа (площади под кривой) были равны друг другу. Время жизни захваченного носителя заряда зависит от глубины ловушки (ξ , эВ), частоты попыток освобождения (ν_0 , с⁻¹) и температуры (T , К):

$$\tau(\xi) = \frac{1}{\nu_0} \exp \left\{ -\frac{\xi}{kT} \right\}. \quad \text{Феноменологические параметры, константа}$$

рекомбинации и коэффициент захвата, в общем случае, для каждого типа ловушек различны. Для упрощения модели полагаем, что они одинаковы.

При проведении расчетов непрерывный спектр разбивался равномерно по глубине на 100 ловушек. На рис. 1 приведена рассчитанная зависимость от времени проводимости облучаемого диэлектрика для непрерывного однородного облучения (сплошная кривая). Для сравнения пунктиром на график нанесены данные

работы [8]. Расчеты выполнены при следующих параметрах:
 $\tau_{\text{имп}} = 10^7 \text{ с}$, $N_0 = 10^{25} \text{ м}^{-3}$, $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$, $\alpha = 10^{-14} \text{ м}^3/\text{с}$,
 $k_3 = 10^{-16} \text{ м}^3/\text{с}$, $\varepsilon = 2.5$, $\nu_0 = 10^4 \text{ с}^{-1}$, $T = 300 \text{ К}$, $D = 10^3 \text{ Вт/кг}$.
 Наблюдается согласование наших результатов с данными [8].

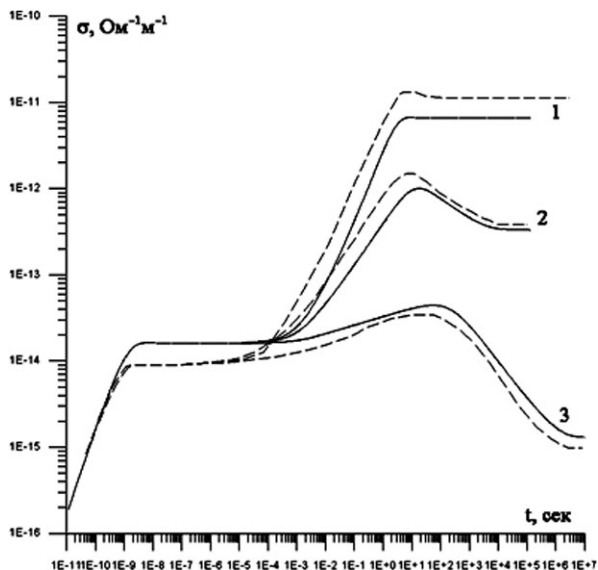


Рисунок 1. Зависимость радиационной проводимости диэлектрика для $T_1 = 300 \text{ К}$ (1), $T_1 = 600 \text{ К}$ (2), $T_1 = 3000 \text{ К}$ (3).

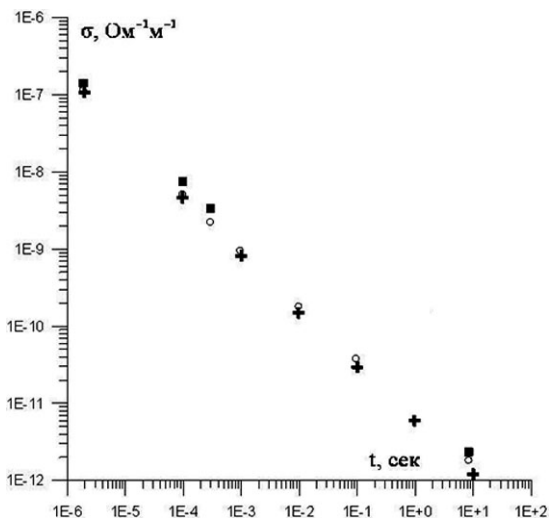


Рисунок 2. Сравнение рассчитанной электропроводности полистирола (маркеры \oplus) с экспериментальными данными (маркеры \blacksquare) и с данными работы [4] (маркеры \circ).

На временах до 10^{-9} с наблюдается рост проводимости из-за преобладания инжекции и генерации частиц над захватом заряда ловушками. В дальнейшем наблюдается плато до 10^{-4} с связанное с освобождением заряженных частиц с мелких ловушек. Последующий рост проводимости обусловлен освобождением заряда с глубоких ловушек. На временах более 10 с наблюдается уменьшение проводимости в связи захватом заряженных частиц на более глубокие ловушки. В последующем на больших временах проводимость выходит на стационарное значение.

Также проводилось сравнение с экспериментальными и расчетными данными [4] по проводимости полистирола при облучении электронами. Сравнивалось значение проводимости на конец импульса облучения в зависимости от интенсивности облучения (от времени облучения при фиксированной интегральной дозе) (см. рис. 2). Спектр ловушек в материале аппроксимировался также кусочно-постоянной функцией, как это было описано ранее. Как и в [4] была получена зависимость проводимости следующего вида:
 $\sigma \sim t^{-0.75}$.

Заключение

Численно реализована модель Роуза-Фаулера для случая неоднородного облучения с учетом дрейфа носителей заряда в самосогласованном электрическом поле. Проведено тестирование численного алгоритма путем сравнения с аналитическими, численными и экспериментальными данными других авторов.

Список литературы:

1. Бьюб Р. Фотопроводимость твердых тел. М.: Издательство иностранной литературы, 1962. — 558 с.
2. Ванников А. В., Матвеев В. К., Сичкарь В. К., Тютнев А. П. Радиационные эффекты в полимерах. Электрические свойства. М.: Наука, 1982. — 273 с.
3. Роуз А. Основы теории фотопроводимости. М.: Мир, 1966. — 192 с.
4. Садовничий Д. Н., Милехин Ю. М., Тютнев А. П. Электропроводность неупорядоченных материалов с гауссовым распределением ловушек по энергии // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2002. Приложение к спецвыпуску № 10. С. 262 — 266.
5. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы: учеб. пособие для вузов. М.: Наука, 1989. — 432 с.
6. Сесслер Г. Электреты. М.: Мир, 1983. — 487 с.
7. Тютнев А. П., Ванников А. В., Мингалеев Г. С. Радиационная электрофизика органических диэлектриков. М.: Энергоатомиздат, 1989. — 192 с.
8. Тютнев А. П., Саенко В. С., Пожидаев Е. Д., Костюков Н. С. Диэлектрические свойства полимеров в полях ионизирующих излучений. М.: Наука, 2005. — 453 с.

3.3. ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ УГЛОВОГО НЕУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ПО ТЕОРИИ ГРИЗИНСКОГО

Чан Хай Кат

магистрант, ВолгГТУ, г. Волгоград

E-mail: tranhaicat@hotmail.com

В данной работе дифференциальное сечение углового рассеяния при неупругих соударениях вычислено по полуклассической нерелятивистской теории Гризинского.

Ключевые слова: дифференциальное сечение, упругое рассеяние, неупругое рассеяние, угловое рассеяние, ионизация

Для сечения ионизации атома при взаимодействии с налетающим электроном было предложено несколько выражений. Наиболее широкое применение получила полуклассическая нерелятивистская формула Гризинского [5] для дифференциального сечения однократной ионизации атома электроном с энергией E , которая сопровождается потерей энергии ΔE , то есть вероятности того, что при единичной плотности потока (за 1 секунду единичную площадку пересекает один электрон) этот электрон столкнется с одним атомом, расположенным в некоторой точке этой площадки, и при этом произойдет однократная ионизация атома, т. е. будет выбит один из n_i электронов, находящихся на i -той оболочке атома с энергией связи U_i и ему будет сообщена некоторая кинетическая энергия, так что потеря энергии столкнувшегося с атомом электрона составит величину

$$\frac{\partial \sigma_{in}}{\partial \Delta E}(E, \Delta E) = \sum_i n_i \frac{\partial \sigma_i}{\partial \Delta E}(E, U_i, \Delta E). \quad (1)$$

Здесь суммирование ведется по всем оболочкам атома, для которых выполняется неравенство $\Delta E > U_i$. Предложенная Гризинским формула для вычисления этого дифференциального сечения однократной ионизации i -той оболочки атома имеет вид [5]

$$\frac{\partial \sigma_i}{\partial \Delta E}(E, U_i, \Delta E) = \frac{\pi e^4 U_i}{\Delta E^3 E} \left(\frac{E}{E + U_i} \right)^{\frac{3}{2}} \left(1 - \frac{\Delta E}{E} \right)^{\frac{U_i}{U_i + \Delta E}} \times \quad (2)$$

$$\times \left\{ \frac{\Delta E}{U_i} \left(1 - \frac{U_i}{E} \right) + \frac{4}{3} \ln \left(2.7 + \left(\frac{E - \Delta E}{U_i} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \right\}.$$

При ионизации i -той оболочки, минимальная потерянная энергия электрона ΔE_{min} равна U_i , а максимальная потерянная энергия ΔE_{max} равна $E/2$ в силу неразличимости электронов падающего на атом и выбитого из него в результате ионизации.

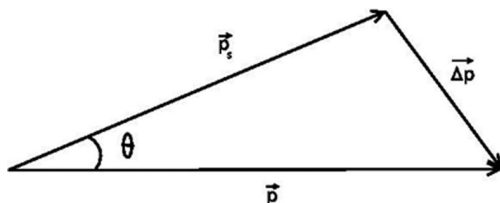


Рисунок 1. Схема неупругого рассеяния электрона на атоме:
 \vec{p} — импульс падающего электрона, \vec{p}_s — импульс рассеянного электрона, $\Delta \vec{p}$ — переданный импульс

На рисунке 1 показана схема неупругого рассеяния электрона на атоме. При неупругом рассеянии справедлив закон сохранения импульса. Применяя теорему косинусов, имеем

$$\Delta p^2 = p^2 + p_s^2 - 2pp_s \cos \theta, \quad (3)$$

где p — импульс падающего электрона, p_s — импульс рассеянного электрона. Используя формулу $E = \sqrt{p^2/2m}$ и учитывая, что $\Delta E < E/2$, получаем

$$\Delta E = E + E_s - 2\sqrt{EE_s} \cos \theta. \quad (4)$$

Выполнив простые преобразования, получим

$$\Delta E = E \sin^2 \theta. \quad (5)$$

Потерянная энергия должна удовлетворять неравенству

$$U_{min} \leq \Delta E \leq \frac{E}{2}. \quad (6)$$

Из (5) и (6) после элементарных преобразований получаем пределы, в которых находится угол между направлениями падающего и рассеянного электрона

$$\arcsin \sqrt{\frac{U_{min}}{E}} \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}. \quad (7)$$

По определению дифференциального сечения углового рассеяния

$$\frac{\partial \sigma_{in}}{\partial \theta} = \frac{\partial \sigma_{in}}{\partial \Delta E} \frac{d\Delta E}{d\theta}, \quad (8)$$

где $\frac{\partial \sigma_{in}}{\partial \Delta E}$ — даётся формулами Гризинского (1) и (2).

Из (5) получаем

$$\frac{d\Delta E}{d\theta} = E 2 \sin \theta \cos \theta. \quad (9)$$

В сферической системе координат

$$d\Omega = \sin \theta d\theta d\varphi.$$

В случае цилиндрической симметрии рассеяние происходит в элемент телесного угла

$$d\Omega = 2\pi \sin \theta d\theta. \quad (10)$$

Подставив (9) и (10) в (8), получим

$$\frac{\partial \sigma_{in}}{\partial \Omega} = \frac{\partial \sigma_{in}}{\partial \Delta E} \frac{E \cos \theta}{\pi}. \quad (11)$$

Дифференциальное сечение углового рассеяния при неупругих столкновениях вычисляется по формуле (11) и показывается на рисунке 2.

Чтобы оценивать вероятность отклонения электронов из-за неупругих соударений, мы вводим дифференциальное сечение электронного пучка при упругом рассеянии, вычисленном Моттом на основе решения уравнения Дирака, даются выражением [1]

$$\frac{d\sigma_{el}}{d\Omega} = |f|^2 + |g|^2, \quad (12)$$

где амплитуды рассеяния f и g определяются в работах [3] и [4]

На рисунке 2 мы вводим ещё упругое дифференциальное сечение $d\sigma_{el}/d\Omega$, которые вычислены по формуле (12) и зависят от полярного угла рассеяния θ . Видно, что угловое рассеяние при

неупругих столкновениях становится существенным при энергиях электронов меньших сотен эВ.

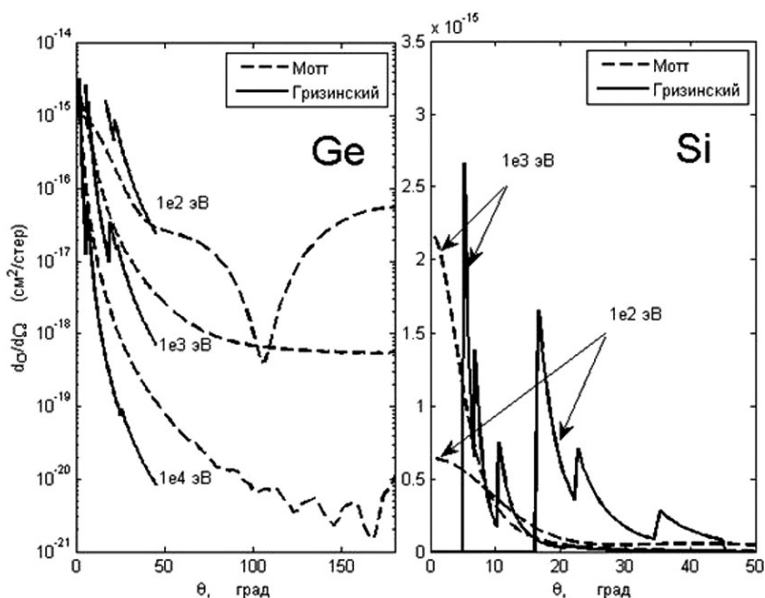


Рисунок 2. Сечения рассеяния электрона с энергией 100 эВ, 1000 эВ и 10 кэВ на атомах Si и Ge: сплошная линия — угловое рассеяние при неупругих столкновениях по Гривинскому, штриховая линия — угловое рассеяние при упругих столкновениях по Мотту

Список литературы:

1. Мотт Н. Теория атомных столкновений / Н. Мотт, Г. Месси; ред. Я. И. Френкеля — Пер. со 2-ого англ.-ого изд. Т. А. Конторовой — М.: Иностранная Литература, 1965. — 752 с.
2. Силаков М. В. Исследование численного моделирования на основе метода Монте-Карло для исследования и оптимизации процессов высокоэнергетической электронной литографии: дис. ... канд. физ. - мат. наук / А. В. Силаков. — М., 2003. — 151 с.
3. Смоляр В. А. Упругое рассеяние электронов в твёрдых телах / В. А. Смоляр, Чьонг Тхань Хиеу Нгуен // Изв. ВолгГТУ. Серия «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь». Вып. 5: межвуз сб. науч. ст. / ВолгГТУ. — Волгоград, 2011. — № 6. С. 15 — 19.

4. Dapor M. Elastic scattering calculations for electrons and positrons in solid targets / M. Dapor // *J. Appl. Phys.* — 1996. — V. 79, N. 11. — P. 1—6.
5. Gryzinsky M. Two-particle collisions. II. Coulomb collisions in the laboratory system of coordinates / M. Gryzinsky // *Phys. Rev.* — 1965. — V. 138. — № 2A. — P. 322 — 335.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**«БИОЛОГИЯ, ХИМИЯ, ФИЗИКА:
ВОПРОСЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ»**

Материалы международной заочной научно-практической
конференции

01 февраля 2012 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 08.02.12. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 9,25. Тираж 550 экз.

Издательство «ЭКОР-книга»
630004, г. Новосибирск, ул. Вокзальная магистраль, 8б
E-mail: ecor@ecor-kniga.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Априори»
630099, г. Новосибирск, ул. Романова, 28