

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО

# ЭКОСИСТЕМЫ

**ВЫПУСК 12 (42) • 2017**

---

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ • ОСНОВАН В 1979 ГОДУ • ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД • СИМФЕРОПОЛЬ

---

ISSN 2414-4738

Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ №ФС77-61820 от 18 мая 2015 г.

Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций.

Учредитель – ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

Печатается по решению Ученого совета Крымского федерального университета  
имени В. И. Вернадского, протокол № 10 от 23 ноября 2017 г.

### Редакционный совет журнала

#### Главный редактор

**Чуян Е. Н., д. б. н., профессор**

#### Редакторы

**Иванов С. П., д. б. н., профессор**

**Котов С. Ф., к. б. н., доцент**

#### Технический редактор

**Сволынский А. Д., к. б. н.**

#### Ответственный секретарь

**Николенко В. В., к. б. н.**

### Члены редакционного совета

**Багрикова Н. А., д. б. н.**

**Бескаравайный М. М., к. б. н.**

**Болтачёв А. Р., к. б. н.**

**Будашкин Ю. И., к. б. н.**

**Воронин Л. В., д. б. н., доц.**

**Довгаль И. В., д. б. н.**

**Ена А. В., д. б. н., профессор**

**Ермаков Н. Б., д. б. н.**

**Захаренко Г. С., д. б. н., профессор**

**Ивашов А. В., д. б. н., профессор**

**Коба В. П., д. б. н., профессор**

**Коношенко С. В., д. б. н., профессор**

**Коренюк И. И., д. б. н., профессор**

**Корженевский В. В., д. б. н., профессор**

**Оберемок В. В., к. б. н., доцент**

**Репецкая А. И., к. б. н., доцент**

**Симагина Н. О., к. б. н., доцент**

**Гемурьянц Н.А. д. б. н., профессор**

*Адрес редакции:* Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологии, пр. Академика Вернадского, 4, Симферополь, 295007.

E-mail: [ekotmu@list.ru](mailto:ekotmu@list.ru)

Полнотекстовые версии статей последних выпусков журнала в формате PDF и правила для авторов размещены на официальном сайте журнала по адресу: <http://ekosystems.cfuv.ru/>

Оригинал-макет: А. Д. Сволынский.

На обложке: Пчела-листорез *Megachile rotundata* подлетает к гнезду в «гостинице для насекомых» с порцией пыльцы. Фото С. П. Иванова.

Подписано в печать 25.08.2017. Формат 60×84/8. Заказ № НП/138. Бумага офсетная. Печать ризографическая.

Усл. п. л. 8,6. Тираж 50. Подписной индекс в каталоге «Периодические издания НТИ» 64980. Цена: 144.00 р.

Дата выхода в свет: 28.12.2017.

Отпечатано в управлении редакционно-издательской деятельности КФУ:  
295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7.

УДК 338.43 (292.471)

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ И РЕСУРСОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЧЕСКИ ЧИСТОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В КРЫМУ

*Ярош О. Б., Митина Э. А.*

*Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Россия,  
yarosh.tnu@gmail.com, zhilina\_ella@list.ru*

Выделяются и описываются характерные требования, предъявляемые к органическим сельскохозяйственным землям согласно ГОСТ 56508-2015 «Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования» и нормативам «ЕС 834/2007», «ЕС 889/2008». Рассмотрена структура распределения сельскохозяйственных земель в Республике Крым по соотношению со структурой внесения минеральных и органических удобрений. Проведена аппроксимация динамики внесения удобрений за последние 20 лет методом сглаженной линии средних. Особое внимание акцентируется на оценке плотности внесения органики в разрезе административно-территориальных единиц Крыма. Приводятся результаты статистической обработки потока двумерных распределений, включающих данные по урожайности и внесению органических и химических удобрений. Произведена территориальная дифференциация Крыма на предмет выделения перспективных кластеров для ведения органического сельского хозяйства в зависимости от уровня внесения в почву микроэлементов.

*Ключевые слова:* органическое сельское хозяйство, удобрения, Республика Крым.

### ВВЕДЕНИЕ

В середине прошлого века серьезное развитие сельского хозяйства, интенсификация производства, развитие химической промышленности в масштабах мира привели к появлению огромного количества низкокачественных продовольственных товаров. В конце XX века изменилась философия хозяйствования и в странах бывшего СССР, что привело к попаданию на рынок постсоветских стран некачественных продуктов питания. Постепенная перестройка сельского хозяйства и промышленности на рельсы массового производства привела к упразднению системы жесткого контроля к качеству продукции, ликвидации ряда надзорных органов. Результатом такой политики стал рост числа заболеваемости среди населения по целому спектру болезней, связанных с некачественным продовольствием. За границей эта проблема стала обсуждаться с 80-х годов XX века, когда появилась Международная федерация экологического сельского хозяйства (IFOAM), которая впервые ввела в обращение понятие «органическая продукция» и стала первым разработчиком Базовых стандартов относительно производства биопродуктов и их переработки. В 2008 году нормативы и требования к экологически чистой продукции были введены в ранг обязательных требований по сертификации продукции для стран Евросоюза (нормативы «ЕС 834/2007», «ЕС 889/2008») (Регламент ЕС, 2007).

В 2015 году в под эгидой Министерства сельского хозяйства России был разработан проект Федерального Закона и 1 января 2016 года вступил в силу ГОСТ 56508-2015 «Продукция органического производства (ГОСТ, 2015). Правила производства, хранения, транспортирования». Несмотря на существование государственного стандарта, его реализация происходит в правовом вакууме, поскольку в России нет ни одной сертифицирующей организации, которая аккредитована проводить органическую сертификацию, согласно указанному выше ГОСТу.

В результате, опыта проведения подобной экспертизы в России пока нет. Поэтому исследование возможностей по развитию органического производства в России с одной стороны являются перспективной, а с другой практически неизученной темой. В плоскости научных интересов большинства исследователей этой темы (Соколова, 2011), (Егоров, 2014) вопросы чисто экономического характера, касающиеся изучения потенциала рынка и перспектив его роста. Однако проблемы, связанные с возможностью сельхозпроизводства

подобной продукции, оценка перспективных площадей и ресурсов являются слабо изученным направлением, оставляющим большое поле для научного анализа и осмысления.

Цель данной работы – выделение перспективных кластеров для ведения органического сельского хозяйства в Республике Крым.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Работа выполнена на основе статистических данных об урожайности сельскохозяйственных культур Республики Крым с 1950 по 2016 год, динамики внесения удобрений за последние 20 лет, собственных расчетов с использованием современных ГИС-технологий для изучения землепользования и составления картографических материалов с помощью программного комплекса ArcGIS 10.4.

Исследование возможностей использования сельскохозяйственных земель Республики Крым на предмет ведения органического хозяйства велось на основе соответствия их ГОСТу 56508-2015 «Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования». В соответствии с этим документом в данной работе рассмотрено растениеводство. Так, требования государственного стандарта к качеству земель подразумевают выполнения следующих условий, прописанных в п. 5.2.1 (ГОСТ, 2015):

Продолжительность переходного периода, в течение которого применяют правила органического производства, составляет:

- для посевных площадей – не менее двух лет, предшествующих посеву;
- для пастбищ или многолетних кормовых культур – не менее двух лет до начала использования в качестве органических кормов;
- для многолетних культур (кроме кормовых растений) – не менее трех лет до сбора первого урожая органических продуктов.

В то время как в Регламенте ЕС 834/2007 существуют более жесткие требования к экологическому растениеводству и четко прописано, что ведение органического хозяйства должно вносить вклад в улучшение плодородия почвы и предотвращения ее эрозии, отдельно заостряется внимание на том, что растения должны получать питательные вещества через экосистему почвы, а не из-за вносимых в нее растворимых удобрений. (Регламент ЕС, 2007).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В настоящее время площадь сельскохозяйственных земель Республики Крым составляет чуть более 754 тыс. га (Ярош, 2014). Земли, которые используются в сельском хозяйстве, приурочены, в основном, к северной и северо-западной части полуострова (рис. 1).

Исходной предпосылкой для исследования перспективных площадей на которых возможно вести органическое сельское хозяйство в Республике Крым является то, что на выделяемых землях не допускается применение никаких удобрений, кроме органических. Эта идея близка по своей сути к требованиям регламента ЕС (Регламент ЕС, 2007). Рассмотрение площади сельхозугодий Республики Крым на предмет внесения удобрений показано на рисунке 2.

Самый высокий уровень внесения минеральных удобрений в перерасчете на 100 % питательных веществ отмечается в Советском районе – 49,5 кг/1 га, на втором месте Нижнегорский район – 46 кг/1 га и Красноперекоский район 43,6 кг/1 га. (табл. 1). Самое низкое количество минеральных удобрений, вносится в Черноморском районе – 4,3 кг / 1 га сельхозугодий. Последнее связано со значительными площадями брошенных и необработанных земель (рис. 2)

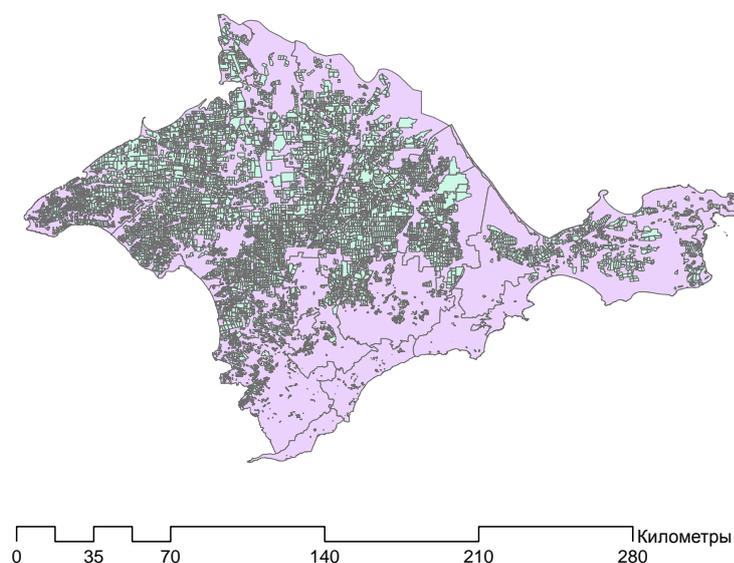


Рис. 1. Карта плотности распространения сельскохозяйственных земель Республики Крым (по данным 2017 г.)

Источник: составлено авторами.

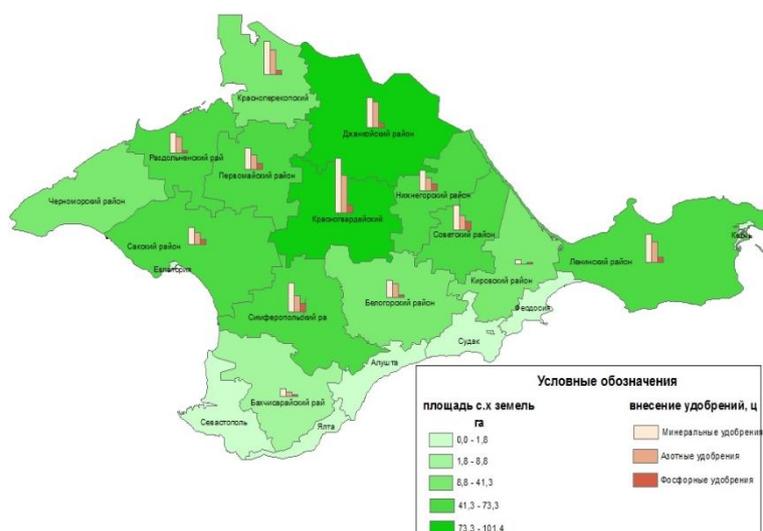


Рис. 2. Карта распределения сельскохозяйственных земель со структурой внесения удобрений (по данным 2017 г.)

Источник: рассчитано авторами на основе данных (Внесение минеральных ....., 2017)

Заметим, что динамика внесения удобрений последние 20 лет показывает тенденцию к увеличению внесения минеральных удобрений, особенно начиная с 2005 года – 25 кг/га. Если в 1996 году вносилось 14 кг/га, то в настоящее время их вносится на 1 кг

действующего вещества – 48 кг/га. При этом количество удобрений сильно зависит от выращиваемой культуры. Так, за последние 20 лет доля удобрений для выращивания пшеницы возросла в 2 раза и сейчас составляет 43 кг/га; овощей в 9 раз – с 42 кг/га до 415 кг/га; картофеля в 6 раз – с 31 кг/га до 194 кг/кг. Удельный вес удобренной минеральными удобрениями площади в 2016 году составил 54 % (рис. 3).

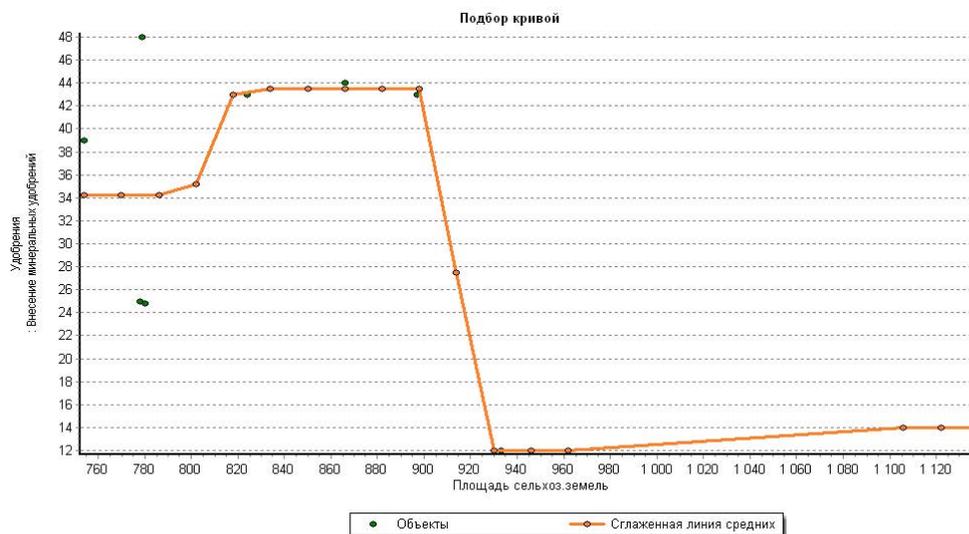


Рис. 3. Аппроксимация динамики внесения минеральных удобрений в Республике Крым за последние 20 лет методом сглаженной линии средних

Источник: рассчитано авторами.

Таблица 1

Внесение минеральных удобрений под урожай в 2016 году

Название административно-территориальной единицы	Площадь сельскохозяйственных земель, тыс. га	Внесение минеральных удобрений, ц	Внесение фосфорных удобрений, ц	Внесение азотных удобрений, ц
1	2	3	4	5
Симферопольский р-н	52,5	7938	2334	4306
Белогорский р-н	30,6	4621	693	3877
Черноморский р-н	40,6	0	0	0
Сакский р-н	66,4	4811	1429	3285
Раздольненский р-н	48,9	5479	736	4277
Первомайский район	60,6	5725	1637	4006
Красногвардейский р-н	101,4	14893	2066	10340
Джанкойский р-н	87	8153	1224	6929
Кировский р-н	25,6	1170	564	0
Советский р-н	51,8	6699	2468	4130
Нижнегорский р-н	61,1	5604	1931	3580
Феодосия	1,8	0	0	0
Судак	0,5	0	0	0
Ленинский р-н	73,3	7559	1348	5617

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Алушта	0,7	0	0	0
Ялта	0	0	0	0
Бахчисарайский р-н	8,8	2098	344	1178
Севастополь	1,8	0	0	0
Евпатория	0,1	0	0	0
Керчь	1,2	0	0	0
Красноперекопский р-н	41,3	9227	1309	6880

Примечание к таблице. Составлено по данным Федеральной службы государственной статистики в Республике Крым (Внесение ..., 2017).

Согласно расчётным данным, начиная с 1996 года, самое высокое насыщение земель минеральными удобрениями происходит на статистически рассчитанном уровне в 820–920 тыс. га. Обратная ситуация наблюдается с внесением органических удобрений. Из-за сокращения поголовья крупного рогатого скота, закрытия крупных животноводческих комплексов, плотность органики снизилась в 2,5 раза с 1,4 т/га в 1996 году до 0,8 т/га в 2016 году. Под урожай 2017 года было внесено всего 253,4 тыс. т органических удобрений (рис. 4).

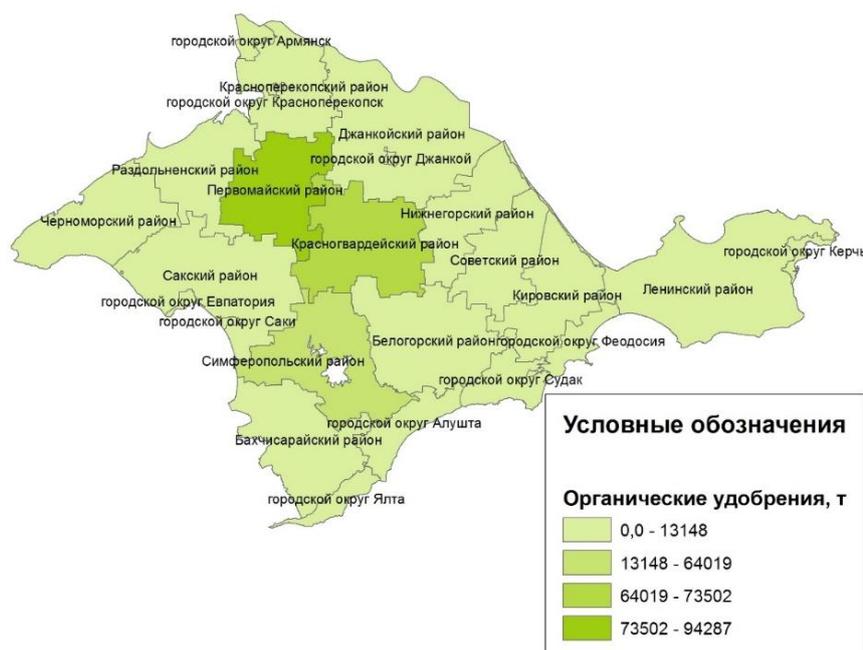


Рис. 4. Карта плотности внесения органических удобрений в разрезе административно-территориальных единиц (по данным 2017 г.)

Источник: рассчитано авторами.

Под зерновые культуры внесение органических удобрений уменьшилось за последние 20 лет в три раза в 1996 году с 1,4 т/га до 0,5 т/га в 2016 году; овощей в 9 раз с 8,1 т/га (1996 г.) до 0,6 т/га (2016 г.); картофеля в 51 раз, которое в 1996 году составляло 51 т/га, а в настоящее время вообще не ведется (рис. 5).

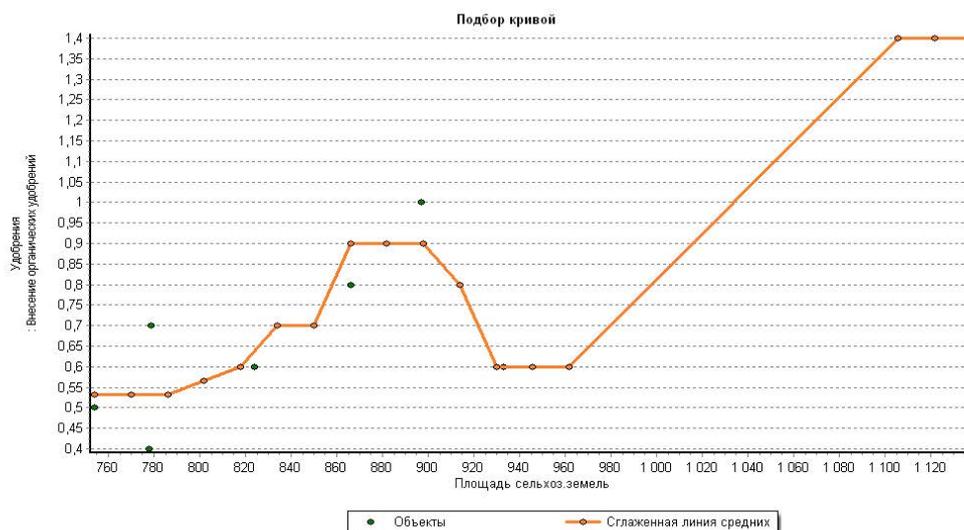


Рис. 5. Аппроксимация динамики внесения органических удобрений в Республике Крым за последние 20 лет методом сглаженной линии средних

Источник: рассчитано авторами.

Динамика внесения органических удобрений с 1996 года показывает, что их максимальный уровень был на сельскохозяйственных площадях в 860–900 тыс. га – это соответствует уровням 2000 и 2009 годов. В настоящее время самое высокое насыщение минеральными и азотными удобрениями в перерасчете к площади сельхозугодий, под зерновые культуры, фиксируется в Джанкойском районе (рис. 6).

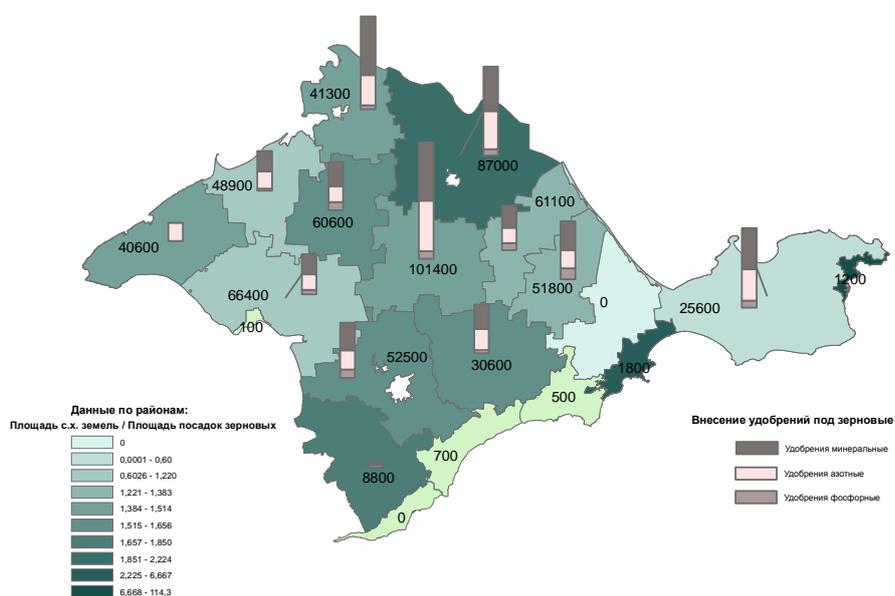


Рис. 6. Зависимость между площадью сельскохозяйственных земель и площадью посадок зерновых культур в разрезе административно-территориальных единиц Республики Крым

Источник: рассчитано авторами.

Серьезная насыщенность азотными и минеральными удобрениями в Джанкойском и Красногвардейском районах исключает эти зоны для ведения органически чистого сельского хозяйства, как минимум согласно ГОСТ 56508-2015 на два ближайших года. На втором месте по объемам посадок в Крыму находится подсолнечник (рис. 7).

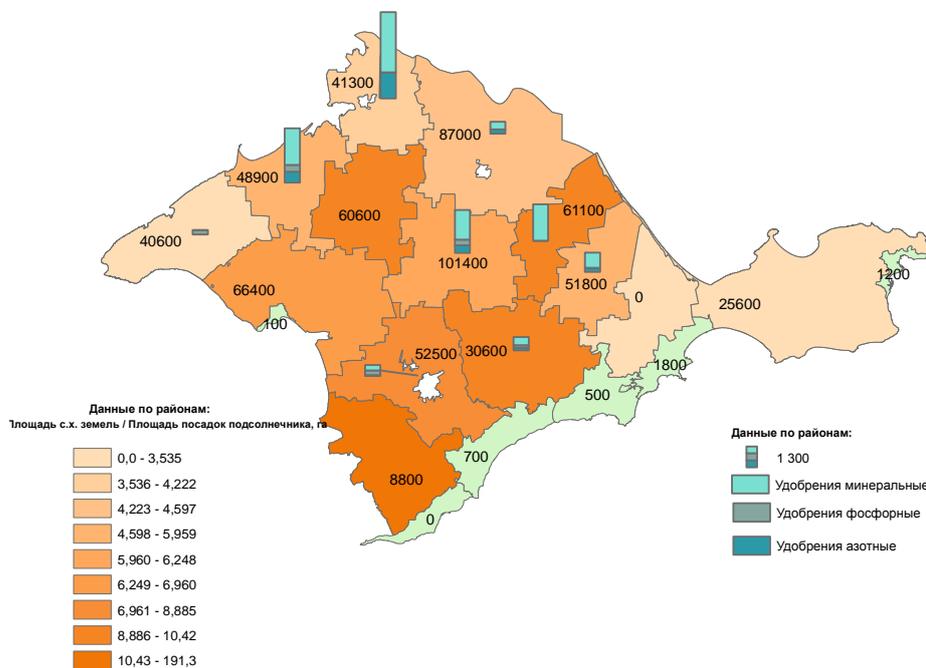


Рис. 7. Зависимость между площадью сельскохозяйственных земель и площадью посадок подсолнечника в разрезе административно-территориальных единиц Республики Крым

Источник: рассчитано авторами.

Урожайность подсолнечника показывает высокую корреляцию с внесением минеральных удобрений. Если рассмотреть эту зависимость в динамике за последние 20 лет, то коэффициент корреляции по Пирсону равен 0,87. Данная гипотеза подтверждается статистически с вероятностью ошибки 0,009. Поскольку вероятность ошибки меньше допустимой (0,05), то можно сделать вывод, что связь между переменными очень сильная.

Известным фактом является тесная зависимость между количеством внесения удобрений и повышением урожайности сельскохозяйственных культур. Так, согласно данным М. П. Чуб с соавторами (Чуб и др., 2000) на долю азота приходится от 35 до 65 % прибавки урожайности, а на долю фосфора 24–55 %. В разрезе сельскохозяйственных культур в почвах южных и обыкновенных черноземов особая роль в повышении урожайности зерновых культур отводится фосфорным удобрениям, примерно в 2 раза обеспечивающие более высокую продуктивность. По данным исследований Э. В. Титова (2000) в районах распространения типичных для Крыма почв применение ежегодно азотных удобрений обеспечивает прибавку урожайности от 3,5 до 7 ц/га зерновых единиц.

Это означает, что критерием резкого повышения урожайности служит объем внесенных удобрений на 1 га посевов. Отсюда следует, что в качестве косвенного экологического индикатора загрязнения земель азотом и фосфором выступает урожайность (табл. 2).

Урожайность основных сельскохозяйственных культур в Республике Крым  
с 1950 по 2016 год

Год	Урожайность по отдельным культурам, ц/га			
	Зерновые культуры	Подсолнечник	Картофель	Овощи
1950	3,9	1,7	35	61
1955	13,4	9,1	56	101
1960	14,1	10,2	80	116
1965	17,1	8,9	73	135
1970	32,7	11,9	108	163
1975	23,2	7,5	94	160
1980	27,2	10,5	106	216
1985	24,1	14,0	102	206
1990	36,3	9,0	113,5	206,9
1991	30,7	9,4	105,4	169,1
1992	32,9	11,4	137,5	143,0
1993	27,3	6,6	138,6	132,9
1994	22,1	5,2	110,0	114,3
1995	27,0	6,9	111,7	94,9
1996	16,5	3,9	95,3	82,7
1997	20,8	7,7	101,5	87,2
1998	20,6	6,0	129,7	99,0
1999	20,7	5,6	93,0	97,9
2000	20,1	5,4	93,9	85,3
2001	22,4	4,3	84,8	85,2
2002	19,3	5,2	57,6	87,6
2003	14,5	6,8	60,1	74,3
2004	22,1	8,6	77,3	71,1
2005	21,2	7,4	62,9	81,2
2006	24,3	9,7	88,9	104,5
2007	22,6	6,8	81,8	136,4
2008	28,3	9,1	143,6	164,6
2009	24,4	8,6	149,7	176,8
2010	21,2	13,7	136,2	172,8
2011	31,9	10,3	180,9	183,6
2012	16,9	10,6	136,0	170,9
2016	16,1	13,1	168,8	206,0

Примечание к таблице. Таблица составлена авторами по данным Крымстата.

Статистическая обработка потока двумерных распределений, включающих данные по урожайности и внесению химических удобрений показывает следующие результаты.

1. Зерновые культуры особенно восприимчивы к внесению минеральных удобрений до уровня 22 ц/га, фосфора и азота 24 ц/га. Коэффициент Крамера равен 0,456. Вероятность ошибки составляет менее 1 %.

2. Урожайность подсолнечника также сильно связана с объемом минеральных и фосфорных удобрений до уровня 7–11 ц/га, а азота 15 ц/га. Коэффициент Пирсона 0,840. Вероятность ошибки составляет: 0,009.

3. Урожайность картофеля до уровня 140 ц/га коррелирует с объемом внесения минеральных удобрений и до 150 ц/га с уровнем внесения фосфора и 210 ц/га с уровнем

внесения азота. Коэффициент Крамера максимальный из возможных равен 1,0. Вероятность ошибки незначительна: 0,02.

4. Внесение минеральных удобрений, азотных и фосфорных под урожай овощей приводит к повышению урожайности до 200 ц/га. Коэффициент Крамера равен 1,0. Вероятность ошибки (значимость): 0,014.

Данные по внесению органических удобрений и их корреляция с уровнем урожайности в потоке двумерных распределений показывает:

1. Урожайность зерновых при внесении органики показывает результат 24 ц/га. Коэффициент Крамера равен 0,890. Вероятность ошибки составляет 0,302.

2. Урожайность подсолнечника будет в районе 13 ц/га. Коэффициент Крамера равен 0,913. Вероятность ошибки составляет 0,241.

3. Урожайность картофеля будет ниже и составлять 133,5 ц/га. Коэффициент Крамера составляет 0,866. Вероятность ошибки равна 0,324.

4. Урожайность овощей составляет 146 ц/га. Коэффициент Крамера 0,791. Вероятность ошибки или значимость расчета составляет 0,484.

В результате получается, что внесение органических удобрений, в полном объеме, способно обеспечить такую же урожайность, которую могут дать химические удобрения. Урожайность подсолнечника даже больше, чем при внесении минеральных и фосфорных удобрений. Практически такую же урожайность картофеля, как при выращивании его на фосфорных удобрениях. Поэтому при ведении органически чистого хозяйства в Республике Крым вполне возможно получать такие же урожаи без химизации полей. Незначительная потеря урожая может быть только по группе овощей, которые сильно восприимчивы к внесению азотных удобрений.

Обратимся к исследованию перспективных площадей в Республике Крым, которые будут отвечать ГОСТ 56508-2015 «Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования». Согласно требованиям, предъявляемым к такому типу землям необходимо учитывать, то, что на них не должны вноситься химические удобрения. Поэтому полагаем, что площадь органически чистых земель можно рассчитать по соотношению (1).

$$S_{\text{орг}} = S_{\text{посев}} - \frac{(S_{\text{зерн}} + S_{\text{тех}} + (S_{\text{корм.культ}} - S_{\text{многол.травы}}) + S_{\text{овощ}})}{S_{\text{посев}}} * 100\% \quad (1),$$

где  $S_{\text{орг}}$  – площадь органических земель, га;  $S_{\text{посев}}$  – площадь посевных, га;  $S_{\text{тех}}$  – площадь, занятая под выращивание технических культур;  $S_{\text{корм.культ}}$  – площадь, занятая под выращивание кормовых культур (корнеплодов и сахарной свеклы), га;  $S_{\text{многол.травы}}$  – площадь, занятая под многолетние травы, га;  $S_{\text{овощ}}$  – площадь, занятая под выращивание овощей.

После несложных вычислений получается, что ориентировочная оценка площадей земли в Крыму, которые можно использовать для ведения органического хозяйства составляет 10 % от всех пахотных земель полуострова. В эту оценку входят площади чистых паров и укосная площадь посева прошлых лет, включая беспокровные травы посева текущего года (бобовые и эспарцет). После выделения общей доли земель, которые возможно задействовать для ведения органически чистого сельского хозяйства, обратимся к исследованию пропорции, которая позволяет увидеть структуру перекося между введением классического сельского хозяйства с использованием химизации и органического хозяйства. Данную закономерность можно рассчитать по следующей пропорции, обозначенной как индекс дисгармонии (2).

$$I_{\text{dis}} = \frac{20\% (S_{\text{посев}})}{20\% (S_{\text{орг}})} \quad (2)$$

$I_{dis}$  – индекс дисгармонии рассчитывается как соотношение 20 % от площадей, задействованных в классическом сельском хозяйстве к 20 % от площадей, которые могут быть задействованы в органическом хозяйстве.

Отметим, что введенный нами критерий в 20 % соотношен из принципа Парето. При сопоставлении этих отношений получается, что структура землепользования в настоящее время 4,5 раза больше смещена в сторону сельхозпроизводства с применением химизации.

Уже доказанным фактом является то, что одним из ведущих факторов, которые определяют рост урожайности сельхоз культур принадлежит удобрениям. Если рассмотреть динамику применения удобрений и их связь с повышением урожайности в разрезе административно-территориальных единиц Крыма, то четко прослеживается тесная связь. Это только подтверждает тот факт, что базовый урожай сельскохозяйственных культур формируется за счет почвенного плодородия, а так называемый «добавочный» за счет, собственно, внесения удобрений.

Регрессионный анализ внесения минеральных удобрений на 1 га сельскохозяйственной площади представлен на рисунке 8.

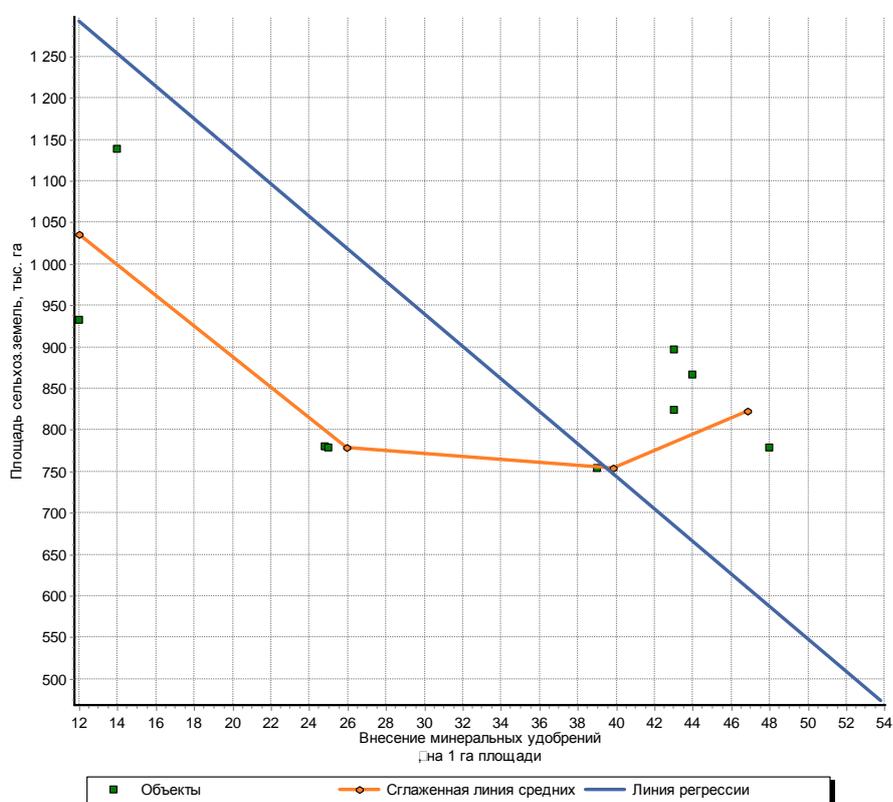


Рис. 8. Регрессионный анализ зависимости между площадью сельхозугодий и внесением минеральных удобрений с 1996 по 2016 год

*Источник: рассчитано авторами.*

Очевидно, что наблюдается усиление динамики внесения азотных и фосфорных удобрений в Республике Крым за последние 20 лет. Сокращение пахотных земель приводит к интенсификации их использования за счет увеличения внесения минеральных удобрений. Обратная зависимость происходит с внесением органики (рис. 9).

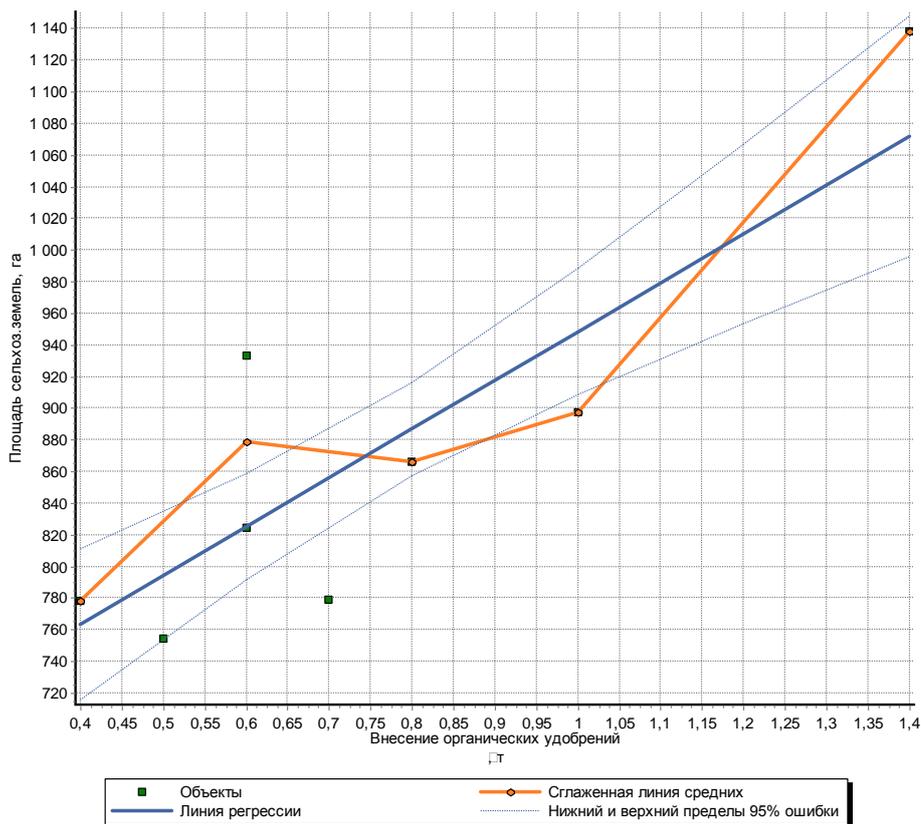


Рис. 9. Регрессионный анализ зависимости между площадью сельхозугодий и внесением органических удобрений с 1996 по 2016 год

*Источник: рассчитано авторами.*

Удельный вес удобренной органикой площади по Крыму составляет 5,7 % от совокупной площади посевных.

В этой связи, можно упомянуть выражение председателя продовольственной комиссии ООН Берлауга в 1994 г на XV конгрессе международного общества почвоведов в Мексике, который отметил, что если увеличение урожайности в XX веке зависело не менее чем на 50 % от применения удобрений, то в XXI веке урожайность сельскохозяйственных культур будет связана исключительно с плодородием почв (Kristiansen et al., 2006). Возможно еще в конце XX века он смог спрогнозировать активный рост рынков органической продукции, в требованиях к производству которой, есть серьезные ограничения по применению химических удобрений.

На основании полученных в работе предварительных выводов по плотности, структуре и динамике внесения химических удобрений и их приуроченность к территориальным единицам полуострова нами был проведен анализ пространственно-распределенных данных с целью для выделения перспективных кластеров по ведению органически чистого сельского хозяйства, результаты этих расчетов представлены на рисунке 10.

С помощью инструмента пространственно-временной интерпретации статистики Getis-Ord  $G_i^*$ , реализуемой в инструментальном поле ГИС-технологий в программной оболочке ArcGis 10.4 были выделены специфичные кластеры (рис. 10).

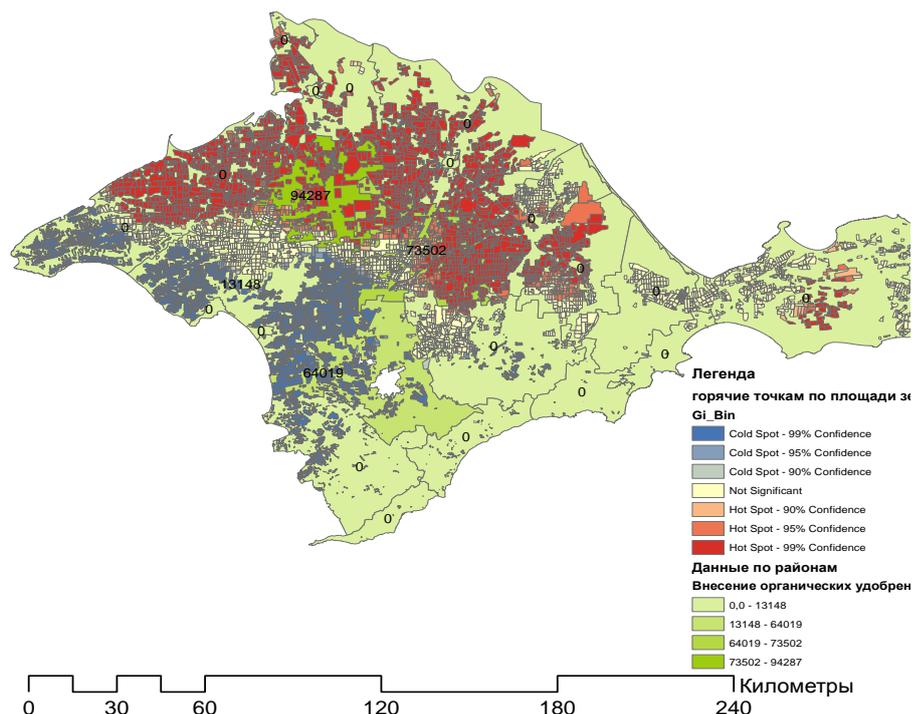


Рис. 10. Выделение кластеров для ведения органического сельского хозяйства в зависимости от уровня внесения органических удобрений

*Источник: рассчитано авторами.*

Расчет указанных зон или горячих точек был произведен согласно данным по распределению полигональных объектов – пахотных земель Республики Крым с учетом химической интенсификации сельского хозяйства в указанных зонах. Были выделены восемь специфических трендов, так называемых горячих точек распределенных на категории зон: новая, последовательная, возрастающая, постоянная, убывающая, спорадическая, колеблющаяся и историческая. При этом вычислялось значение для каждой точки пространства (бина) если его центроид попадал в указанные пределы. Таким образом в потенциальные органические кластеры были выделены Первомайский, Черноморский и Красногвардейский районы Республики Крым. Именно с указанными зонами мы связываем основные перспективы по ведению органического сельского хозяйства в ближайшее время. Особенно с учетом того, что в России в ближайшее время планируется принятие закона по органическому сельскому хозяйству. На уровне Правительства РФ обозначена в ноябре 2017 г. стратегия создания национальной системы сертификации органических производителей, что позволит заполнить правовой вакуум и гармонизировать национальные и международные стандарты к органическим сельхозугодьям. Если это удастся сделать, что не будет потерян переходный органический конверсионный период в 2–3 года предъявляемых к органическим землям.

## ВЫВОДЫ

1. Исследование динамики урожайности сельскохозяйственных культур Республики Крым показало, что современная площадь пахотных земель соответствует уровню 1928 года. Серьезная насыщенность азотными и минеральными удобрениями в Джанкойском, Красногвардейском и Сакском районах исключает эти зоны для ведения органически чистого сельского хозяйства, как минимум, согласно ГОСТ 56508-2015 на два ближайших года.

2. Структура землепользования в настоящее время 4,5 раза больше смещена в сторону сельхозпроизводства с применением химических удобрений. Ориентировочная оценка площадей земли в Крыму, которые можно использовать для ведения органического хозяйства составляет, по нашим оценкам, около 10 % от всех пахотных земель полуострова. В эту оценку входят площади чистых паров и укосная площадь посева прошлых лет, включая беспокровные травы посева текущего года (бобовые и эспарцет).
3. Картографирование с применением ГИС-технологий с помощью программного комплекса ArcGIS 10.4. позволило выделить потенциальные органические кластеры в пределах административно-территориальных единиц Крыма, к которым отнесены Первомайский, Черноморский и Красногвардейский районы. Уточнение данных касательно конкретных полей будет возможно после обнаружения данных о сельскохозяйственной переписи Крыма.

При поддержке гранта РФФИ № 17-32-00009 «Рынок органической сельскохозяйственной продукции: формирование товародвижения и прогнозирование конъюнктуры в регионе».

### Список литературы

Достижение устойчивого прироста в сельском хозяйстве / Департамент сельского хозяйства ФАО. – Режим доступа: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0765r/i0765r08.pdf>

Егоров А. Ю. Формирование и развитие рынка органической агропродовольственной продукции (на примере ЦФО): дис. ... канд. экон. Наук. – М., 2014. – 166 с.

Соколова Ж. Е. Производство и реализация продукции органического сельского хозяйства в странах ЕС // АПК: экономика, управление. – 2011. – №6. – С. 70–78

Чуб М. П., Гюрова Э. С., Потатурина Н. В. Оптимизация систем удобрений в севообороте и изменение плодородия почв на черноземах засушливого Поволжья // Проблемы и пути преодоления засухи в Поволжье. 4.IL: Сб. науч. Тр. – Саратов, 2000. – С. 48–69.

Титова Э. В. Агрехимические основы эффективного применения удобрений на зональных почвах Томской области: автореф. Дис. ... д-ра с.-х. наук. Барнаул, 2000. – 35 с.

Внесение минеральных и органических удобрений под урожай 2016 г. в сельскохозяйственных организациях // Статистический бюллетень. – Симферополь: Крымстат, 2017. – 19 с.

ГОСТ Р 56508-2015. Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=200573>

Международная федерация движения органического сельского хозяйства. Официальный сайт IFOAM. Режим доступа: <http://www.ifoam.org>

Регламент совета (ЕС) № 834/2007 «Об экологическом производстве и маркировке экологической продукции и о прекращении действия Регламента ЕЭС № 2092/91 // Официальный бюллетень Европейского Союза от 28 июня 2007 г. Режим доступа: <http://rosorganic.ru/files/reglament-ec-889-2008.pdf>

Ярош О. Б. Экономико-институциональные основы управления природопользованием Украины. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2014. – 354 с.

Kristiansen P., Taji A., Reganold J. Organic agriculture: a global perspective. – New York: Comstock Pub. Ssociates, 2006. – 449 p.

**Yarosh O.B., Mitina E.A. Assessment of prospective areas and resources for the development of organic agriculture in the Crimea // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 3–15.**

Identified and described the characteristic requirements for organic agricultural lands in accordance with GOST 56508-2015 «Products of organic production. Rules of production, storage, transportation «and the regulations» «EC 834/2007», «EC 889/2008». The structure of the distribution of agricultural land in the Republic of Crimea according to the relationship with the structure of the introduction of mineral and organic fertilizers is considered. Approximation of the dynamics of mineral and organic fertilizer application in the Republic of Crimea over the past 20 years has been made using the smoothed line of means. Particular attention is paid to the assessment of the density of organic fertilizer application in the context of administrative and territorial units of the Crimea. The results of statistical processing of the flow of two-dimensional distributions, including data on yield and application of organic and chemical fertilizers, are given. Territorial differentiation of the Crimea has been carried out to identify promising clusters for conducting organic agriculture, depending on the level of organic fertilizer application.

*Key words:* organic agriculture, fertilizers, Republic of Crimea.

Поступила в редакцию 20.11.2017

УДК 581.526.325 (292.471)

## ОЦЕНКА ВИДОВОГО СОСТАВА МИКРОАЛЬГОФЛОРЫ СИСТЕМЫ ПРЕСНЫХ ВОДОЁМОВ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИМЕНИ Н. В. БАГРОВА

*Разумейко В. Н., Коваленко М. С., Иваиов А. В., Ончуров М. В.*

*Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым,  
razumeiko@gmail.com*

Приводится видовой состав фитопланктона и фитобентоса системы пресных водоемов Ботанического сада им. Н. В. Багрова, а также показатели численности и биомассы микроальгофлоры в зависимости от содержания фосфора и азота в воде.

*Ключевые слова:* фитопланктон, фитобентос, пресные водоемы, численность, биомасса.

### ВВЕДЕНИЕ

Ботанический сад им. Н. В. Багрова является крупнейшей в Симферополе парковой экосистемой с разнообразной травянистой и древесно-кустарниковой растительностью и любимым местом, которое посещают местные жители и гости города. В юго-восточной части ботанического сада смонтирована единая водоносная система каскадных прудов наливного типа с самопроточным трубопроводом, оборудованным поверхностным фильтром-регулятором уровня воды. Общая сумма водной поверхности составляет 4343 м<sup>2</sup>, средняя глубина прудов 1,2–1,6 м. Сотрудниками научного отдела ботанического сада детально описан флористический состав водной и околоводной экосистемы прудов (Беседин и др., 2014), однако сведения о составе микроальгофлоры искусственных водоёмов ботанического сада практически отсутствуют. Между тем, видовое богатство и сезонный ход динамики фитопланктона в прудах ботанического сада является важным показателем влияния антропогенной нагрузки. Динамика численности и биомассы микроводорослей отражает степень процесса эвтрофирования водоёмов и служит одним из признаков смены биологических сезонов года.

Цель нашей работы – выявить видовой состав фитопланктона и фитобентоса системы пресных водоемов Ботанического сада им. Н. В. Багрова и оценить уровень активной кислотности воды, её солёности, показатели численности и биомассы микроальгофлоры в зависимости от содержания фосфора и азота в воде.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основным материалом послужили пробы фитопланктона и фитобентоса, отобранные в прудах Ботанического сада им. Н. В. Багрова в период с сентября 2016 по май 2017 года с периодичностью 1 раз в неделю в 5 повторностях из каждого водоёма. Использовали общепринятые гидрохимические (Муравьёв, 2011; Другов, 2012) и гидробиологические (Методика ..., 1975; Абакумов, 1992) методики. Отбор проб произведен планктонной сетью Апштейна и черпателем с последующим осаждением отстойно-осадочным методом. Пробы фиксировали в 80 % этаноле. Доминантами считали виды, с численностью и биомассой более 10 % в общей пробе. Микроальгофлору изучали при помощи бинокулярного светового микроскопа «Микромед-3-30М», используя поляризованный синий и зелёный фильтр. Идентификацию видового состава альгофлоры проводили с использованием ряда определителей (Визначник ..., 1960, 1968, 1984; Гуревич, 1966; Асаул, 1975; Паламарь-Мордвинцева, 1982; Диатомовые ..., 1992, 2002).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первичное ознакомление с состоянием пресноводных водоёмов ботанического сада показало высокую степень заиливания и активные процессы гниения в каскадных водоёмах, что связано с поступлением опада от прибрежной растительности и низкой степенью проточности водоёмов.

Температура воды в прудах за период активного роста водорослей в основном была на 3–5 градусов ниже температуры воздуха. При этом в толще водоёмов отмечена полная гомотермия – сходная температура от дна до поверхности. В январе на поверхности водоемов формировался ледовый покров. Самые низкие показатели температуры отмечены для последнего водоёма в каскаде, что связано с особенностями его территориального расположения – в самой низкой точке каскада, кроме того указанный пруд 17 олем открыт для ветров и более затенен. Колебание температуры воды в прудах ботанического сада соответствовали естественным сезонным колебаниям для Симферополя. Каких-либо температурных отклонений не наблюдалось.

Важной составляющей для характеристики экосистемы водоёмов является количество растворенных в воде солей. В ходе исследований сезонных колебаний солёности в водоемах ботанического сада отмечено наличие сульфатов в интервале от 46 до 69 мг/л, хлоридов – от 14 до 17 мг/л, содержание нитратов не превышало 5 мг/л. Таким образом, достаточно высокое содержание солей в прудах ботанического сада способствовало росту водорослей.

Взаимодействие ионов водорода с углекислым газом и анионами является одной из причин колебания уровня рН воды. Поглощение водорослями углекислого газа ведет к увеличению рН. Общая кислотность среды в прудах ботанического сада в летний период характеризовалась слабой щелочностью, в то же время в осенний период она была нейтральной. Самые высокие значения рН фиксировались в августе 2016 года и мае 2017, а самые низкие – в январе 2017 года. В водоёмах отмечено малое количество сероводорода, о чём свидетельствовало увеличение положительных показателей еН от весны к осени. Зимой по естественным причинам большая часть водорослей погибала, в процессе их гниения выделялся углекислый газ и это способствовало понижению рН.

**Видовое богатство микроальгофлоры.** Для оценки видового разнообразия были использованы наиболее массовые виды, характерные для каскада водоемов ботанического сада. Согласно оригинальным данным, в основной массе микроальгофлора водоёмов ботанического сада включает 14 видов микроводорослей, относящихся к 10 родам, 9 семействам и 4 отделам (Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta). Представители других отделов в прудах ботанического сада обнаружены в пробах единично и в дальнейшем не учитывались в исследовании. Наибольшее видовое богатство таксонов микроводорослей в водоёмах ботанического сада отмечено у отдела диатомовые с 50 % долей доминирующих видов (табл. 1). В общем видовом богатстве прудов доля массовых видов зеленых водорослей составила 28,6 %, что свидетельствует о кодоминантной роли видов указанного отдела в сообществе микроальгофлоры. Видовое богатство отдела сине-зелёных водорослей составило 14,29 %, отдела эвгленовые – 7,1 % от общего числа видов в экосистеме прудов ботанического сада.

Таблица 1

Таксономическое богатство микроальгофлоры прудов  
Ботанического сада им. Н. В. Багрова

Отдел	Количество таксонов			Доля видов, %
	семейств	родов	видов	
Cyanophyta	2	2	2	14,29
Bacillariophyta	4	4	7	50
Chlorophyta	2	3	4	28,6
Euglenophyta	1	1	1	7,1

Выявленное соотношение видов в сообществе альгофлоры водоёмов ботанического сада является часто встречаемым в аналогичных искусственных водных экосистемах Крыма (Виноградова, 1994). В большей степени это связано с физиологическими особенностями и широкой экологической валентностью видов микроводорослей. Так, защитные кальцитовые покровы диатомовых водорослей обеспечивают высокую степень устойчивости видов к колебаниям природных условий среды. Благодаря костным основаниям, панцирные пластины часто являются одним из ключевых компонентов для создания донных отложений в водоёмах, что в свою очередь создаёт благоприятные условия для массового развития диатомовых водорослей. Закономерное субдоминирующее положение видов зелёных водорослей в видовом богатстве альгофлоры прудов ботанического сада очевидно связано с достаточным содержанием растворенных солей и хорошей освещённостью водной поверхности водоёмов.

Видовое разнообразие микроводорослей водной экосистемы ботанического сада является типовым для большинства водоёмов Крымского полуострова (Гринёв, 2007). Схожесть видового состава микроальгофлоры прудов ботанического сада с другими водными объектами Крыма объясняется в первую очередь тем, что вода в них поступает из искусственного Марьинского озера, а в него из естественного источника – реки Салгир, являющейся поставщиком вод для множества мелких и крупных водоёмов Крыма.

Среди массовых видов микроводорослей прудов ботанического сада (табл. 2) 6 видов составляют фитопланктон, 5 – являются обитателями бентоса. Как известно, большинство этих видов могут свободно обитать как в умеренно кислой, так и слабощелочной среде (Абакумов, 1992). В водоёмах отмечены 4 вида микроводорослей (табл. 2 – алкалифилы). В результате процессов жизнедеятельности которых происходит постепенное защелачивание водной среды, такие виды могут быть использованы в качестве естественных индикаторов уровня рН в прудах.

В прудах ботанического сада было обнаружено достаточно высокое количество биогенных веществ. Одним из самых массовых веществ был аммонийный азот (рис. 3). Его содержание колебалось от 0,4 мг/л до 2,1 мг/л, что указывает на умеренное загрязнение воды согласно стандартам СанПин к воде в искусственных водоёмах городской зоны.

Также отмечено колебание в концентрации солей фосфатов в воде в прудах ботанического сада (рис. 3). Максимальные значения накопления фосфатов в воде было зафиксировано в начале осени – 0,4 мг/л (сентябрь) и минимальные – зимой – 0,12 мг/л (январь). Общее содержание фосфатов в воде и сырая биомасса микроводорослей положительно коррелируют между собой ( $r=0,95$ ;  $p \leq 0,05$ ).

При статистическом анализе данных достоверно отмечена обратно пропорциональная связь биомассы альгофлоры и концентрации азота в воде ( $r=-0,54$ ;  $p \leq 0,05$ ). Максимальные концентрации азота фиксировались в январе, что может быть связано с деструкцией биомассы фитопланктона, которая была накоплена при летнем цветении, а также выделением органического азота животными, обитающими в воде.

Таблица 2

Видовой состав и экологическая характеристика массовых видов микроальгофлоры Ботанического сада им. Н. В. Багрова

Вид	С	А	Г	Э
1	2	3	4	5
<b>Bacillariophyta</b>				
<i>Cymbella affinis</i> Kützing 1844	о	инд	инд	к
<i>C. stuxbergii</i> Cleve 1894	о	инд	инд	к
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing 1844	α	инд	инд	к, bn

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
<i>N. radiosa</i> Kützing 1844	о-β	ал	инд	к, bn
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843	β	инд	инд	к, bn
<i>Nitzschia linearis</i> var sp. W.Smith 1853	о	ал	инд	к, bn
<i>N. hungarica</i> Grunow 1862	о	ал	инд	к, bn
<b>Chlorophyta</b>				
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> P.A.Dangeard 1888	α	инд	инд	к, pl
<i>C. moewusii</i> Gerloff 1940	β	инд	инд	к, pl
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck 1890	о	инд	инд	к, pl
<i>Pandorina morum</i> (O.F. Müller) Bory 1824	β	инд	инд	к, pl
<b>Cyanophyta</b>				
<i>Anabaena constricta</i> (Szafer) Geitler 1925	β	ал	инд	к, pl
<i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh ex Gomont 1892	A	инд	инд	к, pl
<b>Euglenophyta</b>				
<i>Euglena acus</i> (O.F.Müller) Ehrenberg 1830	B	инд	инд	к, pl

Примечание к таблице.

С – сапробность, о – олигосапроб, α – альфамезосапроб, β – бэтамезосапроб;

A – ацидофильность, инд – индифферент, ал – алкалофил;

Г – галобность, инд – индифферент;

Э – обитание, к – космополит, bn – бентос, pl – планктон.

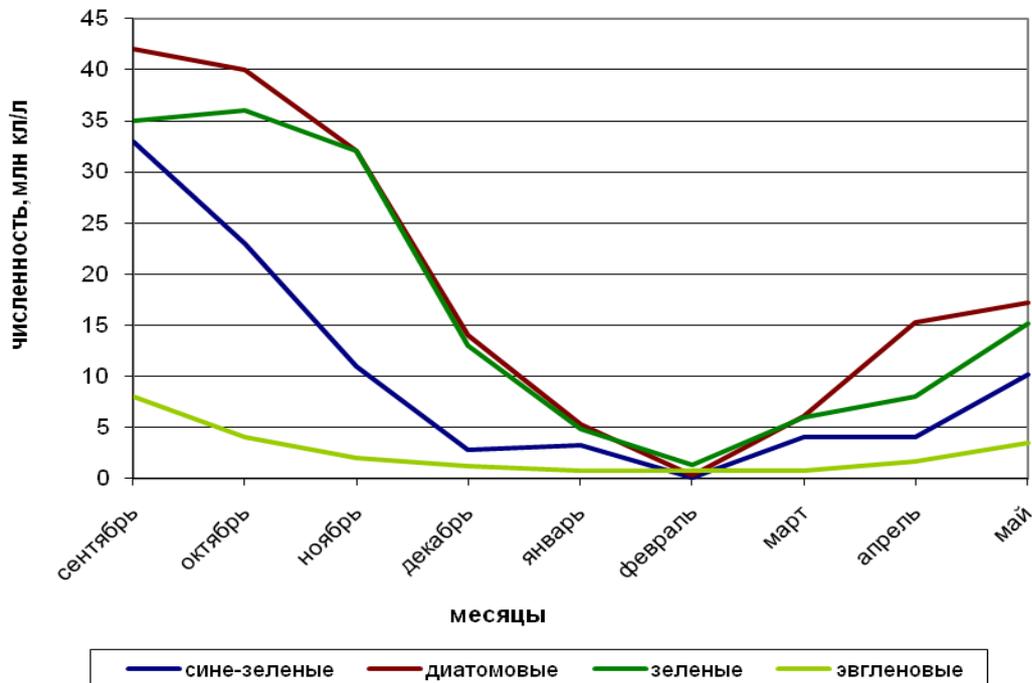


Рис. 1. Динамика численности массовых видов из различных отделов альгофлоры в прудах Ботанического сада им. Н. В. Багрова

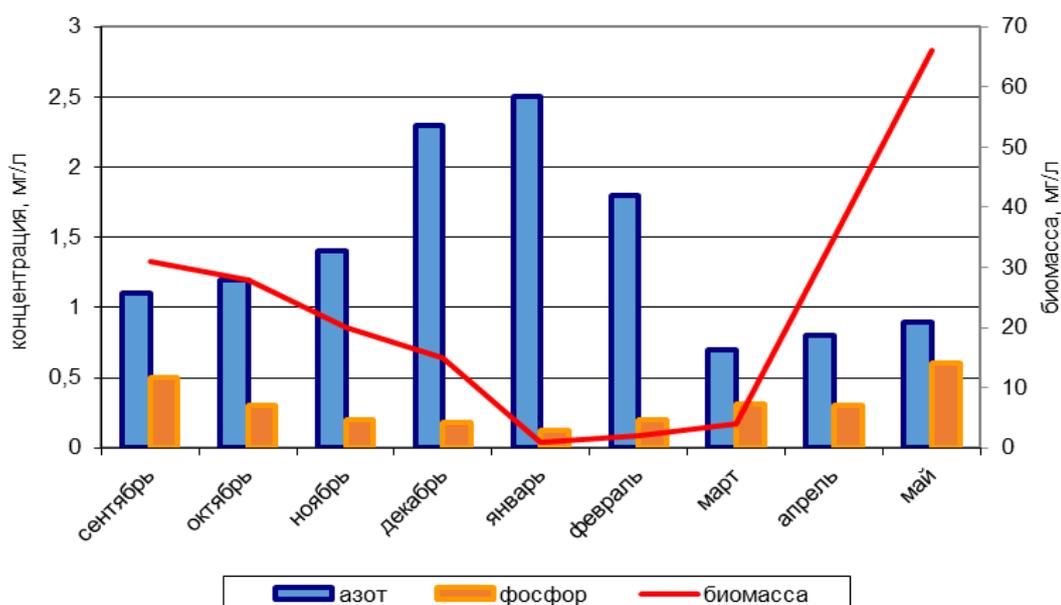


Рис. 3. Динамика накопления общей сырой биомассы альгофлоры и концентрация аммонийного азота и фосфатов в прудах Ботанического сада им. Н. В. Багрова

## ВЫВОДЫ

1. Пруды Ботанического сада имени Н. В. Багрова характеризуются высокой степенью заиливания, активными процессами гниения, что связано с поступлением опада прибрежной растительности и низкой степенью их проточности. Температура воды имела слабовыраженную неоднородность как по глубине так и по прудам, и в активный период роста водорослей была на 3–5 градусов ниже чем воздуха. Солёность воды увеличивалась в зимне-весенний период, что связано с поступлением растворённых элементов с водосборной территории во время паводков. Щелочность возрастала в мае – августе, скорее всего из-за поглощения углекислого газа из воды фотосинтезирующими водорослями.
2. Видовое богатство микроальгофлоры прудов ботанического сада представлено 4 отделами, включающими 14 видов водорослей из 9 семейств. В исследуемых водоемах не удалось определить еще около 15 видов. Среди определенных видов доминируют диатомовые водоросли, содоминантами являются зелёные водоросли. 6 видов являются планктонными и 5 – бентосными обитателями воды, 4 вида водорослей чаще встречаются в более щелочной водной среде и могут быть видовыми индикаторами уровня pH в прудах. Большинство видов альгофлоры – мезосапробы.
3. Отмечены колебания в динамике численности и накоплении биомассы микроальгофлоры в прудах ботанического сада. Численность водорослей снижалась от максимальных показателей в сентябре и практически до нуля в феврале и затем восстанавливалась к маю.
4. Установлена положительная корреляция ( $r=0,95$ ;  $p\leq 0,05$ ) между накоплением биомассы водорослей и концентрацией фосфатов и отрицательная ( $r=-0,54$ ;  $p\leq 0,05$ ) между накоплением биомассы альгофлоры и содержанием аммонийного азота.

### Список литературы

Абакумов В. А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.

Асаул З. І. Визначник евгленових водоростей Української РСР. – К.: Наук. думка, 1975. – 408 с.

Беседин В. А., Халявина С. В., Репецкая А. И., Леонов В. В. О дендрологической экспозиции «Водоёмы ботанического сада ТНУ им. В. И. Вернадского» // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. (Сер.: «Биология, химия»). – Т. 27 (66). – 2014. – № 5. – С. 165–171.

Визначник прісноводних водоростей Української РСР. – К.: Наук. думка, 1938–1993: Вип. 1, ч. 1. Кондратьева Н. В., Коваленко О. В., Приходькова Л. П. Синьозелені водорості – Суанophyta. Ч. 1. Загальна характеристика синьозелених водоростей – Суанophyta. Клас Хроококові – Chroococcophyceae. Клас Хамесифонові – Chamaesiphonophyceae – К.: Наук. думка, 1984. – 388 с. Вип. 1, ч. 2. Кондратьева Н. В. Синьозелені водорості – Суанophyta. Ч. 2. Клас Гормогонієві – HORMOGONIOPHYCEAE. – К.: Наук. думка, 1968. – 524 с. Вип. 11. Топачевский О. В., Оксюк О. П. Діатомові водорості – Bacillariophyta (Diatomeae) – К.: Вид-во АН УРСР, 1960. – 412 с.

Гуревич А. А. Пресноводные водоросли (определитель). – М.: Просвещение. 1966. – 112 с.

Диадомовые водоросли России и сопредельных стран: Ископаемые и современные. Т. II, вып. 3 / И. В. Макарова, Н. И. Стрельникова, Т. Ф. Козыренко и др. / Под ред. И. В. Макаровой. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. – 112 с.

Диадомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. II, вып. 2 / Под ред. И. В. Макаровой. – СПб.: Наука, 1992. – 125 с.

Другов Ю. С., Родин А. А. Анализ загрязненной воды: практическое руководство. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 678 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / ред. В. И. Митропольский, Ф. Д. Мордухай-Болтовский. – М., 1975. – 240 с.

Муравьев А. Г. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. А. Г. Муравьева. – СПб.: Крисмас+, 2011. – 246 с.

Паламарь-Мордвинцева Г. М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 11 (2). Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые. Chlorophyta. Conjugatophyceae. Desmidiaceae (2). – Л., 1982. – 624 с.

**Razumeiko V. N., Kovalenko M. S., Ivashov A. V., Onchurov M. V. Estimation of the species composition of the microalgore flora of the fresh water system of the botanical garden N.V. Bagrov // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 16–21.**

Gives the species composition of the phytoplankton and phytobenthos of the system of freshwater reservoirs N. V. Bagrov Botanical garden, and indices of abundance and biomass of microalgae depending on the content of phosphorus and nitrogen in water.

*Key words:* phytoplankton, phytobenthos, fresh water reservoirs, abundance, biomass.

*Поступила в редакцию 17.07.2017*

УДК: 556.114.679 (282): 550.424

## БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЙМЕ РЕКИ СОЖ

*Тимофеева Т. А.*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомель, Республика Беларусь, myshlion@mail.ru*

В данной статье исследуется ландшафтно-геохимическое распределение  $^{137}\text{Cs}$  в долине реки Сож для последующего определения возможных путей оптимизации использования сельскохозяйственных ландшафтов в пределах поймы для снижения перехода радионуклида в корма для животных.

*Ключевые слова:* экосистема поймы, биогехимические барьеры, радионуклиды.

### ВВЕДЕНИЕ

Катастрофа на Чернобыльской АЭС явилась причиной загрязнения территории Белорусского Полесья техногенными долгоживущими радионуклидами. Более 30 лет естественная растительность поймы развивается в условиях повышенного радиационного фона. Основными дозообразующими биологически опасными радионуклидами в настоящее время являются  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , обладающие большим периодом полураспада (30 и 28,5 лет) и значительной биогехимической миграцией в системе вода – почва – растение (Чертко, 2003).

Ландшафтный подход к изучению радиоэкологической обстановки, прогнозу изменения и разработке предложений по ее оптимизации определяется тем, что формирование поля загрязнения как на этапе первичного выпадения радионуклидов, так и в процессе их вторичного перераспределения происходит непосредственно в ландшафте и под воздействием природных факторов. В этой связи важно найти ответы на вопрос о сельскохозяйственном использовании ландшафтов пойм, так как на территории трех загрязненных радионуклидами областей Республики Беларусь (Гомельской, Брестской и Могилевской) пойменные луга являются существенным источником травяных кормов для скота.

Общая площадь аллювиальных почв в нашей республике, подвергшихся загрязнению  $^{137}\text{Cs}$  более  $37 \text{ кБк/м}^2$  ( $1 \text{ Ки/км}^2$ ), составляет более 200 тысяч гектаров. Загрязнены радионуклидами поймы рек Припять, Горынь, Уборть, Лань, Днепр, Сож, Друть, Ипуть, Березина и другие (Богдевич, 2008).

В данной статье исследуется ландшафтно-геохимическое распределение цезия-137 в долине реки Сож для последующего определения возможных путей оптимизации использования сельскохозяйственных ландшафтов в пределах поймы для снижения перехода радионуклида в корма для животных. Основная задача исследования – выделить геохимические барьеры, аккумулирующие химические элементы, в том числе и радионуклиды. Выделенные участки впоследствии должны быть исключены из сельскохозяйственного использования в пределах поймы. *Геохимические барьеры* – это участки резкой смены геохимической обстановки, которая приводит к осаждению мигрирующих химических элементов. Это границы между кислой и щелочной реакцией среды, восстановительной обстановкой и окислительной, песчаной и глинистой породами. Выделены 3 группы барьеров: механические; физико-химические, связанные в основном с геохимией почв; биогехимические, связанные со способностью некоторых видов растений накапливать радионуклиды.

Основным объектом исследования является пойма реки Сож у деревень Новоселки и Радуга Ветковского района Гомельской области.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методологическую основу исследования составляет теория биогеохимической структуры природной экосистемы и геохимических барьеров. С помощью сопряжённого анализа выделены геохимические и биогеохимические барьеры и дана оценка миграции  $^{137}\text{Cs}$  в компонентах экосистемы (почве, наземном покрове, корневой системе растений). На основе созданной в ходе исследования базы данных, построена серия карт с использованием ГИС-технологий. Использованы методы: спектрометрический, радиохимический, инфракрасной спектроскопии и агрохимический. Фактический материал обработан с использованием математической статистики. Использован метод ландшафтного профилирования, для выделения структурно-функциональных частей ландшафтных профилей при заложении точек комплексного исследования проведена съёмка географических координат и высот над уровнем моря при помощи персонального спутникового навигатора Garmin GPS 12 XL.

Исследования проводились в 2000–2016 годах с сезонным отбором образцов почвы, растительности и корневой системы (июль, сентябрь). Заложены два ландшафтно-геохимических профиля, которые охарактеризованы 24 точками комплексного описания. Использовались пробы почв (286), растений (506).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Накопление радионуклидов растительностью в пойме реки Сож зависит от ряда факторов, главными из которых являются тип почвы и уровень естественного плодородия, вид растительной ассоциации, условия увлажнения. Надо отметить, что почвенный и растительный покров поймы довольно разнообразен и зависит от характера рельефа и части поймы. В пойме реки Сож выделяется прирусловая пойма (прирусловая отмель и прирусловой вал), центральная и притеррасная поймы и первая надпойменная терраса. Выделены три основных типа почв: торфяно-болотные почвы встречаются в основном на притеррасной пойме, а иногда на понижениях центральной поймы и старицах; дерново-подзолистые супесчаные почвы характерны для первой надпойменной террасы; дерново-глееватые и глеевые, преимущественно песчаные и супесчаные, местами подстилаемые суглинками почвы на прирусловой и центральной поймах. Прирусловая отмель опытного участка занята ивовым кустарником средней густоты, а прирусловой вал имеет повышенный рельеф, где произрастает разнотравно-злаковая ассоциация. Повышения центральной поймы заняты долгопойменными заливными лугами с разнотравно-злаково-бобовой ассоциацией. Пониженная центральная пойма в основном заболочена и представлена разнотравно-осоковой ассоциацией. Притеррасная пойма имеет пониженный рельеф, заболочена, характеризуется разнотравно-хвощево-осоковой ассоциацией и ивняково-ольховым кустарником. Естественная растительность первой надпойменной террасы представлена разнотравно-злаковой ассоциацией (рис. 1).

Условия питания, различия в распределении и мощности корневых систем и другие биологические особенности растений определяют межвидовые различия в их накоплении  $^{137}\text{Cs}$  (Дайнеко, 2006). Удельная активность радионуклидов в травостое определяется плотностью загрязнения почвы радионуклидами, типом почвы, видовым составом травосмеси и другими факторами. Накопление радионуклидов в многолетних злаковых травах на торфяно-болотных почвах в 2 и более раза выше, чем на дерново-подзолистых почвах. Выделенные в пойме растительные ценозы образуют следующий возрастающий ряд по удельной активности в надземной части  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг): лисохвостно-мятликовые 506, разнотравно-осоковые 549, ольхово-злаково-осоковые 557, щучковые 656–945, остроосоковые 1238, клеверно-щучковые 1329. В корнях отмечена более высокая удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению с надземной частью в 1,3–2,98 раза. Максимальная аккумуляция  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг) характерна для корневой системы разнотравно-осоковой ассоциации первой надпойменной террасы. В прирусловом валу удельная активность радионуклида примерно одинакова в надземной и подземной части растений. Переход  $^{137}\text{Cs}$  в растения из почв оценивался по коэффициенту перехода ( $K_n$ ), который представляет собой отношение удельной активности радионуклида в растениях (Бк/м<sup>2</sup>) к удельной активности (плотности загрязнения) почвы (кБк/м<sup>2</sup>).

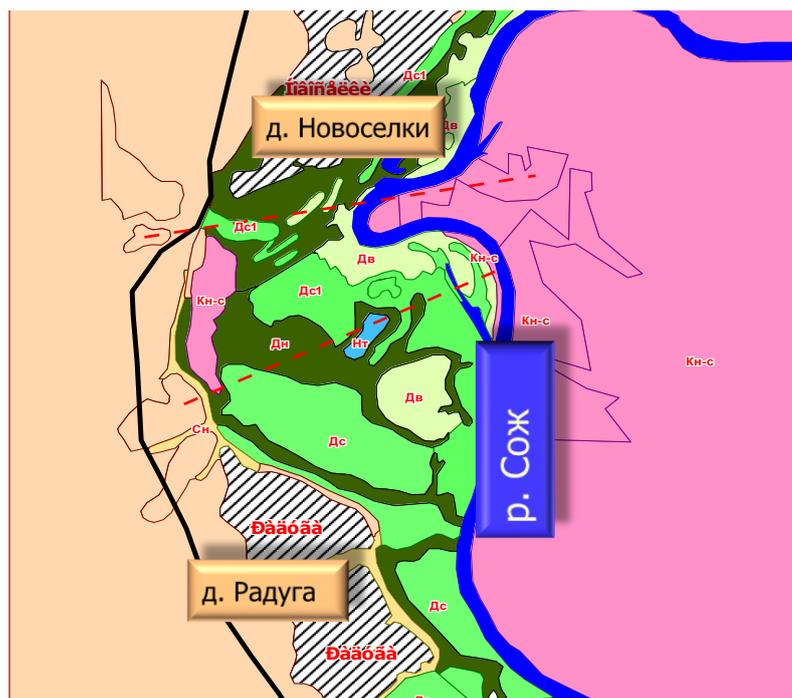


Рис. 1. Геоботаническая карта опытного участка, расположенного в окрестностях деревень Новоселки и Радуга Ветковского района Гомельской области

Легенда к рисунку 1:

- Производственные посевы
- Дв Долгопойменные заливные луга. Булавоносец седой+очиток едкий+цмин песчаный.
- Дв1 Долгопойменные заливные луга. Овсяница овечья+костер безостый+щавель кислый.
- Населенный пункт
- Дн Сырые луга низкого уровня. Осока пузырчатая+щучка дернистая+лютик ползучий.
- Дс Долгопойменные заливные луга. Мятлик луговой+клевер белый+кульбаба осенняя.
- Дс1 Долгопойменные заливные луга. Овсяница луговая+мятлик луговой+гусиная лапка.
- Кн-с Кустарники. Кустарник ивовый средней густоты.
- Нт Болота. Осока средняя+манник болотный+калужница болотная.
- Сн Временно избыточно увлажняемые суходолы. Мятлик луговой+овсяница красная+тысячелистник обыкновенный

В надземной части трав наибольшая величина  $K_n=3-3,3$  отмечена в лисхвостово-мятликковой ассоциации прирусловой отмели и дернисто-щучковой ассоциации прируслового вала; наименьшая величина  $K_n=0,57-0,8$  отмечена в разнотравно-осоковой ассоциации первой надпойменной террасы и щучковой ассоциации центральной повышенной поймы.

В корневой системе величины  $K_n$  выше, чем в надземной части растений и колеблются в пределах от 1,1 до 4,4, что указывает на преимущественное накопление радионуклида в корнях.

В целом тенденцию накопления радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в корневой системе можно оценить как положительную, так как луговые травы пойм можно использовать в качестве сенокосов

или пастбищ при определённых условиях переработки мясомолочной продукции, полученной при выращивании крупного рогатого скота.

В качестве природных дезактиваторов следует использовать карбонатные соединения, гидроксиды железа и алюминия. Они более прочно и длительный срок удерживают радионуклиды в необменной (недоступной растениям) форме.

По результатам проведенных исследований, в пойме реки Сож на пути миграции цезия-137 при переходе от прирусловой отмели к валу выделяется механический и биогеохимический барьеры на старице и на переходах от повышенных к пониженным частям центральной поймы; при переходе от центральной поймы к притеррасной и на границе между притеррасной поймой и первой надпойменной террасой – физико-химический и сорбционный барьеры. Нами определены возможные пути оптимизации использования сельскохозяйственных ландшафтов в пределах поймы путем исключения данных участков из сельскохозяйственного использования. В зависимости от содержания радионуклидов в травах определяется возможность использования этих земель для производства кормов и разрабатывается программа улучшения конкретного вида угодий. Рекомендации, сделанные на основе наших исследований, могут быть использованы прежде всего для естественных сенокосно-пастбищных угодий с низкой плотностью радиоактивного загрязнения не более 185 кБк/м<sup>2</sup> (5 Ки/км<sup>2</sup>) при отсутствии материальных возможностей для проведения агротехнических мероприятий, направленных на улучшение кормовых угодий.

На пойме, используемой, как сенокос, рекомендуется проводить только первый укос, так как к концу вегетационного периода происходит увеличение накопления <sup>137</sup>Cs наземной частью растений. При финансовой возможности желательно проводить поверхностное улучшение. По литературным данным, наиболее эффективными приемами являются известкование и внесение повышенных доз калийных и умеренных доз азотных и фосфорных удобрений под каждый укос, и, соответственно, в данном случае возможно проведение как первого, так и второго укосов (Тимофеев, 2006).

Использование же притеррасной поймы необходимо исключить из-за заболоченности, закустаренности и произрастания на ней осоковых ассоциаций, не пригодных для корма скота. На прирусловой пойме отмель нельзя использовать из-за сильной закустаренности, а прирусловой вал можно использовать только для первого укоса, так как в связи с природоохранными мерами здесь запрещено проведение каких-либо мероприятий.

В случае, если растительный покров незаболоченных понижений центральной поймы, являющихся геохимическими барьерами, содержит не менее 45–50 % ценных кормовых трав (злаковых и бобовых) и загрязнение <sup>137</sup>Cs составляет до 240 в зеленой массе и до 1300 Бк/кг в сене, данные корма можно скашивать и использовать для откорма крупного рогатого скота (КРС) на заключительной стадии; при уровне загрязнения <sup>137</sup>Cs 1300–1850 Бк/кг – корма пригодны для получения молока с обязательной переработкой (масло, сыр и так далее).

Когда участок поймы используется как пастбище, то на центральной пойме рекомендуется использовать только повышенные участки, ограничивая доступ скота к понижениям путем установления ограждений. Стравливание травостоя желательно проводить не более двух раз и только в период начала вегетации. По литературным данным, если есть возможность проводить агротехнические мероприятия поверхностного улучшения с внесением азотных, фосфорных и калийных удобрений, травостой можно стравливать 3 раза (Сарасеко, 2012; Подоляк, 2016). Понижения центральной поймы, при условиях содержания ценных кормов и уровнях загрязнения, указанных выше, можно использовать для выпаса молодняка КРС. Прирусловую пойму рекомендуется использовать только в период начала вегетации, так как к осени наблюдается повышение удельной активности травостоя, особенно на прирусловом валу. Притеррасную пойму из-за заболоченности и повышенного загрязнения необходимо исключить полностью.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, данное исследование показывает возможность наиболее оптимального использования кормовых угодий в пределах поймы при отсутствии материальных средств для проведения агромелиоративных мероприятий, что позволит экономить бюджетные средства. Даны рекомендации по сельскохозяйственному использованию каждой фации пойменной экосистемы.

1. В пойме реки Сож выделяется прирусловая пойма (прирусловая отмель и прирусловой вал), центральная и притеррасная поймы и первая надпойменная терраса.
2. На исследуемом участке выделены механический и биогеохимический барьеры на старице и на переходах от повышенных к пониженным частям центральной поймы; при переходе от центральной поймы к притеррасной и на границе между притеррасной поймой и первой надпойменной террасой-физико-химический и сорбционный барьеры;
3. На пойме, используемой, как сенокос, рекомендуется проводить только первый укос, так как к концу вегетационного периода происходит увеличение накопления  $^{137}\text{Cs}$  наземной частью растений.
4. Притеррасную пойму необходимо исключить из-за заболоченности, закустаренности и произрастания на ней осоковых ассоциаций, не пригодных для корма скота.
5. На прирусловой пойме отмель нельзя использовать из-за сильной закустаренности, а прирусловой вал можно использовать только для первого укоса.
6. В случае, если растительный покров незаболоченных понижений центральной поймы, являющихся геохимическими барьерами, содержит не менее 45–50 % ценных кормовых трав (злаковых и бобовых) и загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  составляет до 240 в зеленой массе и до 1300 Бк/кг в сене, данные корма можно скашивать и использовать для откорма крупного рогатого скота (КРС) на заключительной стадии; при уровне загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  1300–1850 Бк/кг – корма пригодны для получения молока с обязательной переработкой (масло, сыр и другие).
7. На пастбищах рекомендуется использовать только повышенные участки центральной поймы, ограничивая доступ скота к понижениям путем установления ограждений. Стравливание травостоя желательно проводить не более двух раз и только в период начала вегетации.
8. Понижения центральной поймы, при условии наличия ценных кормов и уровнях загрязнения, указанных выше, можно использовать для выпаса молодняка КРС.
9. Прирусловую пойму рекомендуется использовать только в период начала вегетации.

## Список литературы

Богдевич И. М. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь/ Под. ред. проф. И. М. Богдевича [и др.]. – Минск, 2008. – 72 с.

Дайнеко Н. М. Структура и динамика луговых агроэкосистем (на примере сеяных лугов Белорусского Полесья.): монография. – Гомельский госуд. Университет им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2006. – 316 с.

Подольяк А. Г. Радиологические аспекты производства сельскохозяйственной продукции на территории радиоактивного загрязнения // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. Сб. науч. тр. Вып. 19. В 2-частях. – Ч. 2. – Горки, 2016. – С. 194–201.

Сарасеко Е. Г. Проблемы получения качественной растениеводческой продукции на загрязненных радионуклидами территориях // Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя І. П. Шамякіна. – 2012. - №2 [35]. - С. 47–53.

Тимофеев С. Ф. Предложения по рациональному использованию пойменных лугов в зависимости от ландшафтно-геохимических условий на территории радиоактивного загрязнения Ветковского района. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2006. – 27 с.

Чертко Н. К. Влияние эколого-геохимической обстановки Беларуси на здоровье населения. – Экологическая антропология. Ежегодник. – Минск: Белорусский комитет «Дети Чернобыля», 2003. – С. 21–25.

**Timofeyeva T. A. Biogeochemical features of migration of radionuclides in the flood plain of the river Sozh // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 22–27.**

Investigated landscape-geochemical distribution of  $^{137}\text{Cs}$  in the valley of the river Sozh and then determine possible ways of optimizing the use of agricultural landscapes within the floodplain to reduce the transition of the radionuclide in animal feed.

*Key words:* floodplain, ecosystem, biogeochemical barriers, radionuclides.

*Поступила в редакцию 11.09.2017*

УДК 578.4(262.5)

## ПОИСК И ИЗОЛЯЦИЯ НОВОГО АЛЬГОВИРУСА МИКРОВОДОРОСЛИ *TISOCHRYSIS LUTEA* ИЗ ЭКОСИСТЕМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ В БУХТАХ СЕВАСТОПОЛЯ (КРЫМСКИЙ РЕГИОН)

Степанова О. А.<sup>1</sup>, Стельмах Л. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия, solar-ua@ya.ru

<sup>2</sup> Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского, Севастополь, Россия, lustelm@mail.ru

Впервые из бухт Севастополя в 2016–2017 годах были выделены и частично изучены пять штаммов нового для науки альговируса микроводоросли *Tisochrysis lutea* Bendif et Probert (Nanophyta). Изоляция данного альговируса из экосистемы Черного моря свидетельствует о возможном присутствии микроводоросли *Tisochrysis lutea* в изучаемых акваториях.

*Ключевые слова:* альговирус микроводоросли *Tisochrysis lutea*, экосистема Черного моря.

### ВВЕДЕНИЕ

Вирусы водоемов, в том числе морские вирусы, выполняют важную, но пока недостаточно изученную роль в функционировании водных экосистем. Понимание роли вирусов в циркуляции органического вещества в Мировом океане, в процессах трансформации органического вещества по пищевым цепям и в биоразнообразии является основой для оценки стабильности морских систем и их биогеохимической значимости, увеличивая предсказуемость воздействий глобальных изменений на биогеохимические процессы в море (Proposal ..., 2005). И при этом ученые сходятся во мнении, что морские вирусы играют важную роль в глобальной экосистеме (Suttle, 2007).

Среди морских вирусов альговирусы представляют особый интерес для исследователей, поскольку вызывают лизис первичных продуцентов органической материи – микроводорослей, составляющих основу фитопланктона, ответственного за циркуляцию углекислого газа и кислорода, как в гидросфере, так и в атмосфере (Wommack, Colwell, 2000). Некоторые виды, например кокколитофорида *Emiliana huxleyi* (Lohmann) W.W.Nau & H.P. Mohler, производят диметилсульфид. Под действием вирусов данная кокколитофорида разрушается и выделяет в среду диметилсульфид, который способствует образованию облаков, а, следовательно, влияет на климат нашей планеты (Tyrrel, Merico, 2004).

Поиск, изоляция и изучение биологии и экологии альговирусов из экосистемы Черного моря проводятся с 2002 года. До 2015 года мониторинг черноморских альговирусов выполнялся на базе Института биологии южных морей (ныне Институт морских биологических исследований – ИМБИ), с 2015 года и по настоящее время работы продолжают в Институте природно-технических систем (ИПТС). В 2002–2017 годах из различных проб из экосистемы Черного моря было изолировано около 300 штаммов в основном новых для науки вирусов к разным видам морских микроводорослей (Степанова, 2016). Изучение геномов трех штаммов черноморских альговирусов было проведено в Broad Institute of MIT USA в соответствии с «Gordon & Betty Moore Foundation Marine Phage, Virus, & Virome Sequencing Project» (2009–2010). Информация о геномных и мета данных черноморских альговирусов представлена в NCBI и CAMERA. Геномы вирусных штаммов TvV-S20, TvV-S11 и DvV-S12 были депонированы как G2351, G2352 и G2353 соответственно. Предварительный анализ геномов черноморских альговирусов свидетельствует как об их сходстве с наиболее изученными вирусами микроводорослей семейства Phycodnaviridae, так и об уникальности и индивидуальных особенностях их свойств, выявляя космополитную комбинацию генов черноморских альговирусов (Степанова и др., 2013).

Поиск, изоляция и изучение новых для науки альговирусов остается на острие интересов водной вирусологии, что связано как с экологической значимостью, широтой географического распространения и биоразнообразия их хозяев, так и с другими проблемами, в том числе и с возможной ролью альговирусов в патологии человека (Stepanova et al., 2011; Yolken et al., 2014). Выделение и изучение новых для науки альговирусов, в том числе к хозяевам, которые еще не были изолированы и описаны для экосистем определенных водоемов, является одновременно и изучением географического распространения хозяев вирусов – микроводорослей.

Цель работы – поиск, изоляция и предварительное изучение доступными способами свойств нового для науки альговируса микроводоросли *Tisochrysis lutea* Bendif et Probert (Haptophyta), выделенной из планктона Японского моря, с учетом отсутствия сведений об изоляции этой микроводоросли из Черного моря.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С 2016 года впервые для поиска и изоляции черноморских альговирусов с помощью авторских запатентованных методов (Декл..., 2004; Пат..., 2012) была использована альгологически чистая культура *Tisochrysis lutea* (Haptophyta) клон MBRU\_Tiso-08 из коллекции «Морской биобанк» ННЦМБ ДВО РАН (<http://marbank.dvo.ru>). Морфология клеток микроводоросли – одиночные, подвижные, эллипсоидные клетки с размером около 5 микрон (рис. 1).



Рис. 1. Клетки культуры *Tisochrysis lutea* (<http://biancacosmetics.pl/ekstrakt-z-mikroalg-lipout-tm/>)

Паспортные данные используемой нами культуры микроводоросли, любезно предоставленной старшим научным сотрудником, к.б.н. Т. Ю. Орловой, сотрудницей «Национального научного центра морской биологии ДВО РАН (Владивосток), подробно описаны по адресу <http://marbank.dvo.ru/index.php/ru/kollektsiya/microalgae/rhynnesiophyceae/details/5/55>. Из этих данных следует, что культура коллекционной микроводоросли была создана на основе клеток данного вида, выделенных из планктона Японского моря в 2008 году.

Культура была адаптирована нами в течение 30 дней к стабилизирующей питательной среде Гольдберга (на основе черноморской воды) и использована для изоляции альговирусов в период 2016–2017 годов. Инокулят данного вида хранится и поддерживается в лаборатории отдела экологической физиологии водорослей ИМБИ в питательной среде f/2 (Guillard, Ryther 1962), приготовленной на основе стерильной черноморской воды. Поддержание культуры в активном состоянии обеспечивается регулярными пересевами в

свежую питательную среду в процессе выращивания в накопительном режиме в колбах объемом 100 мл при температуре 16–18 °С и естественном освещении (на северном окне).

Для поиска и изоляции альговируса *T. lutea* были использованы пробы морской воды, отбор которых проводили с октября 2016 года по ноябрь 2017 года из стабильных точек из акватории Карантинной, Мартыновой и Артиллерийской бухт (рис. 2).

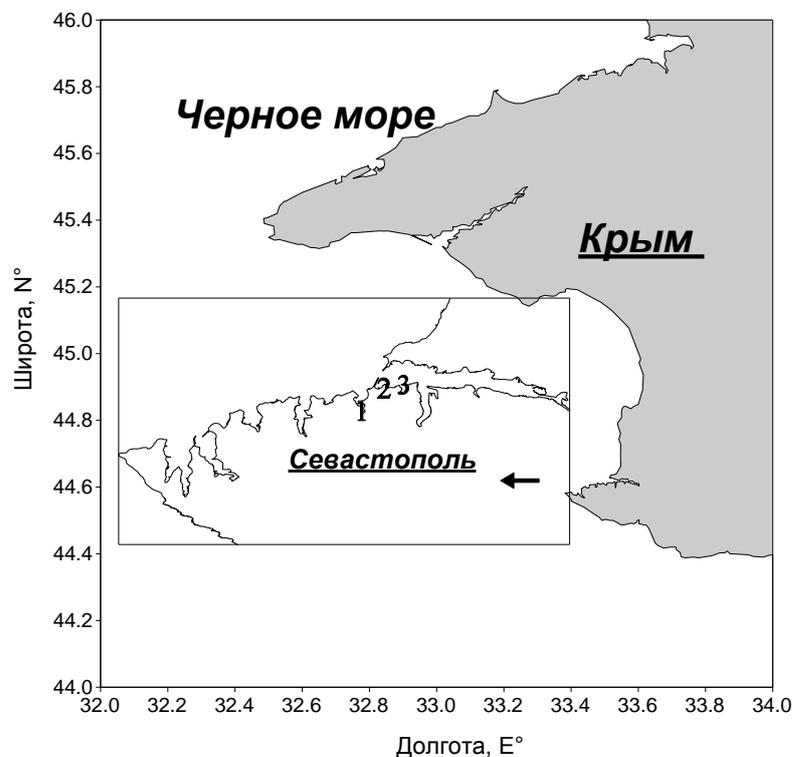


Рис. 2. Схема станций отбора проб морской воды в бухтах Севастополя: Карантинной (1), Мартыновой (2) и Артиллерийской (3)

Инкубационный (латентный) период для альговируса *T. lutea* определяли путем последовательных пассажей до установления стойкого (стабильного, постоянного) скрытого периода (до появления симптомов лизиса). Определение титра вируса в вирусной суспензии проводили на основе авторского метода (Декл..., 2004) путем десятикратного разведения в стабилизирующей среде Гольдберга с добавлением используемого в данной работе вида водорослей как индикатора.

Наличие суперкапсида у впервые изолированных альговирусов микроводоросли *T. lutea* (TIV) определяли путем обработки 2,0 мл вирусной суспензии в течение 1 часа 0,2 мл хлороформа, разрушающего липидную оболочку. Полученную суспензию далее проверяли на способность инфицировать и лизировать клетки *T. lutea*, для чего проводили несколько последовательных пассажей в эту индикаторную культуру.

Чувствительность вирусной суспензии TIV к низкой температуре изучали путем ее замораживания при  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  в морозильной камере на протяжении суток и более, после чего размороженную суспензию использовали для инфицирования культуры *T. lutea*.

Для предварительного определения максимального размера изолированного из Черного моря альговируса *T. lutea* (TIV) применяли метод ультрафильтрации с использованием установки – шприц, фильтродержатель и нитроцеллюлозные фильтры фирмы Sartorius. После фильтрации вирусных суспензий через фильтры с диаметром пор 0,3 и 0,2 мкм фильтраты использовали для заражения культуры индикаторной микроводоросли. Размер изучаемого нового альговируса TIV определяли в пределах диаметров пор фильтров с

учетом их максимального диаметра, когда фильтрат еще вызывал лизис культуры (максимальный размер вирусов).

Специфичность нового альговируса TIV изучали при его контакте с двумя видами микроводорослей – зеленой *Tetraselmis viridis* Rouchijajnen. R.E. Norris, Hori & Chihara и диатомовой *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin. Также изучали специфичность культуры *T. lutea* по отношению к вирусным штаммам микроводорослей *Tetraselmis viridis* (штамм TvV-S1) и *Phaeodactylum tricornutum* (штамм PtV-S18).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Поиск и изоляция альговируса *Tisochrysis lutea* из акватории бухт Севастополя.** Результаты проведенного поиска и изоляции альговируса *T. lutea* (TIV) из проб морской воды Карантинной, Мартыновой и Артиллерийской бухт с октября 2016 года по ноябрь 2017 года на фоне выполненного мониторинга альговирусов *T. viridis* (TvV) и *P. tricornutum* (PtV) приведены в таблице 1.

Изоляция нового для науки и экосистемы Черного моря альговируса *T. lutea* (TIV) пришлась на осенний (октябрь 2016 года), зимний (январь и февраль 2017 года) и летний (июнь, июль 2017 года) периоды. Надо отметить, что лето 2017 года до прихода в Крым антициклона «Люцифер» в августе, было прохладным, а осень 2016 года и зима в начале 2017 года были относительно теплыми, без морозов. По нашим первым наблюдениям предполагаем, что проявление сезонности альговируса *T. lutea* зависит от преобладания умеренной температуры среды (морская вода от +14 °С до +24 °С). Оптимальная температура воды, отмечаемая для роста и развития культуры *T. Lutea*, по паспортным данным – +20 °С. Вероятно, что на TIV и на его хозяина – микроводоросль *T. lutea* – влияют и другие абиотические факторы, однако эта проблема в условиях экосистемы Черного моря пока не изучена. Из пяти изолированных штаммов TIV два были выделены из проб воды, отобранных из относительно экологически благополучной открытой Карантинной бухты, а три – из неблагоприятной, закрытой Артиллерийской бухты.

Таблица 1

Результаты поиска альговирусов *Tetraselmis viridis* (TvV), *Phaeodactylum tricornutum* (PtV) и *Tisochrysis lutea* (TIV) из проб морской воды Карантинной, Мартыновой и Артиллерийской бухт с октября 2016 года по ноябрь 2017 года

Дата	№ пробы	Место отбора	TvV	PtV	TIV
1	2	3	4	5	6
20.10.16	1	Карантинная	-	-	TIV-S-16-1
	2	Мартынова	-	-	-
	3	Артиллерийская	-	-	-
19.01.17	4	Карантинная	-	-	-
	5	Мартынова	TvV-S-17-1	-	-
	6	Артиллерийская	-	-	TIV-S-17-1
21.02.17	7	Карантинная	-	PtV-S-17-1	TIV-S-17-2
	8	Мартынова	-	PtV-S-17-2	-
	9	Артиллерийская	-	PtV-S-17-3	-
21.03.17	10	Карантинная	TvV-S-17-2	PtV-S-17-4	-
	11	Мартынова	-	PtV-S-17-5	-
	12	Артиллерийская	-	-	-
20.04.17.	13	Карантинная	-	-	-
	14	Мартынова	-	-	-
	15	Артиллерийская	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
17.05.17	16	Карантинная	-	-	-
	17	Мартынова	-	-	-
	18	Артиллерийская	-	-	-
23.06.17	19	Карантинная	-	-	-
	20	Мартынова	-	-	-
	21	Артиллерийская	-	-	TIV-S-17-3
20.07.17	22	Карантинная	-	-	-
	23	Мартынова	-	-	-
	24	Артиллерийская	-	-	TIV-S-17-4
11.09.17	25	Карантинная	-	PtV-S-17-6	-
	26	Мартынова	-	PtV-S-17-7	-
	27	Артиллерийская	-	PtV-S-17-8	-
9.10.17	28	Карантинная	TvV-S-17-3	PtV-S-17-1	-
	29	Мартынова	-	PtV-S17-10	-
	30	Артиллерийская	-	PtV-S17-11	-
15.11.17	31	Карантинная	-	-	-
	32	Мартынова	-	PtV-S17-12	-
	33	Артиллерийская	-	PtV-S17-13	-
Итого	33 пробы морской воды		3 TvV	13 PtV	5 TIV

Примечание к таблице. « - » – проба отрицательна (альговирус не изолирован).

**Результаты изучения некоторых свойств нового для науки и экосистемы Черного моря альговируса микроводоросли *Tisochrysis lutea*.** При помощи доступных нам методов были выявлены следующие свойства нового для науки альговируса микроводоросли культуры *T. lutea*:

1. В результате пассирования был установлен стойкий инкубационный период – 24 ч.
2. Путем титрования вирусной суспензии инфекционный титр был определен в пределах  $10^4$  вирионов/мл.
3. На основе чувствительности к хлороформу у вируса было выявлено наличие суперкапсида, что свидетельствует о сложном строении вириона.
4. Определена чувствительность к замораживанию (при – 18 °С), что типично при сложном строении вирионов.
5. Путем фильтрации для данного альговируса был определен максимально возможный размер вирионов – не более 0,2 мкм.
6. На основе выполненных исследований, представленных в таблице 2, было установлено отсутствие контакта между новым альговирусом *T. lutea* с неиндикаторными для него микроводорослями *T. viridis* и *P. tricornutum*, что проявлялось ростом культур. Контакт этих микроводорослей с их специфическими вирусами проявляется в виде лизиса. При этом наблюдали отсутствие инфекционной активности со стороны альговирусов этих микроводорослей (штаммы TvV-S1 и PtV-S18) по отношению к микроводоросли *T. lutea* (рост культуры). Следовательно, контакт альговирусов со своими хозяевами – индикаторными микроводорослями сопровождался лизисом, что свидетельствует о специфичности изучаемых в этих опытах вирусов.

Таблица 2

Результаты контакта альговируса *Tisochrysis lutea* (штамм TIV-16-1) с микроводорослями *Tetraselmis viridis* и *Phaeodactylum tricornutum* (рост культур) и альговирусов этих микроводорослей (штаммы TvV-S1 и PtV-S18) при контакте с микроводорослью *Tisochrysis lutea* (рост культуры)

Культуры микроводорослей	Штаммы альговирусов		
	TIV-16-1	TvV-S1	PtV-S18
<i>Tisochrysis lutea</i>	лизис	рост	рост
<i>Tetraselmis viridis</i>	рост	лизис	рост
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	рост	рост	лизис

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые для поиска и изоляции альговирусов была использована адаптированная к солености Черного моря культура *T. lutea*, выделенная из планктона Японского моря.

Впервые из проб морской воды бухт Севастополя были изолированы пять штаммов альговируса *T. lutea* – TIV-16-1, TIV-17-1, TIV-17-2, TIV-17-3, TIV-17-4. Полученные результаты поиска и изоляции пяти штаммов нового для науки альговируса косвенно свидетельствуют о возможном присутствии данного вида микроводорослей в экосистеме Черного моря.

Путем доступных методик были изучены некоторые свойства нового для науки и экосистемы Черного моря альговируса: установлен короткий инкубационный период (24 ч); титр вируса в суспензии не превышает  $10^4$  вирионов/мл; у TIV выявлено наличие суперкапсида; определена чувствительность альговируса к заморозке ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); установлено, что диаметр вирионов альговируса не превышает 200 нм; для альговируса микроводоросли *T. lutea* определена специфичность только по отношению к своему хозяину при изучении его контакта с двумя другими видами черноморских микроводорослей.

Работа выполнена в соответствии с планом в ИПТС по научной теме № 0012-2016-0008, в ИМБИ – в рамках госзадания по направлению «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом».

## Список литературы

Декларационный патент на изобретение 65864A UA, MKU 7 C12 N 1/12. Спосіб ізоляції альговірусів одноклітинних водоростей, наприклад *Platymonas viridis* Rouch (Chlorophyta) / Степанова О.А. (UA); заявник Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України (UA). № 2003065499; заявл. 13.06.2003; опубл. 15.04.2004, Бюл. № 4 // Промислова власність. – 2004. – № 4.

Патент 97293 C2 UA, МПК C12N 1/12. Спосіб ізоляції альговірусів микроводорості *Phaeodactylum tricornutum* (Bacillariophyta) з проб морської води / Степанова О.А. (UA); заявник Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України (UA). № a201003881; заявл. 06.04.2010; опубл. 25.01.2012. Бюл. – 2012. – № 2.

Степанова О. А. Черноморские альговирусы // Биология моря. – 2016. – Т. 42, № 2. – С. 99–103.

Степанова О. А., Бойко А. Л., Щербатенко И. С. Компьютерный анализ геномов трех морских альговирусов // Микробиол. журн. – 2013. – Т. 75, № 5. – С. 76–81.

Guillard R. R. L., Ryther J. H. Studies of marine planktonic diatoms: I. *Cyclotella nana* Hustedt, and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran // Can. J. Microbiol. – 1962. – Vol. 8, N 2. – P. 229–239.

Stepanova O. A., Solovyova Y. A., Solovyov A. V. Results of Algae Viruses Search in Human Clinical Material // Ukrainian Bioorganica Acta. – 2011, N 2. – P. 53–56.

Suttle C. A. Marine viruses – major players in the global ecosystem // Nature Reviews Microbiology. – 2007. – 5. – P. 801–812.

Proposal for SCOR WG to Investigate the Role of Viruses in Marine Ecosystems // Proceedings of the Scientific Committee on Oceanic Research (Venice, Italy, Sept. 2004). Baltimore (USA), 2005. – Vol. 40. – P. 66–70. (Annex 4).

Tyrrell, T. Merico, A. *Emiliana huxleyi*: bloom observations and the conditions that induce them / In: Thierstein, H. R., Youngs, J. R. (Eds.). – Coccolithophores – From Molecular Processes to Global Impact. – Springer, 2004. – P. 75–97.

Wommack K.E., Colwell R.R. Virioplankton: Viruses in aquatic ecosystems // Microbiol. and Molec. Biol. Reviews. – 2000. – Vol. 64, N 1. – P. 69–114.

Yolken R. H., Lorraine Jones-Brando, David D. Dunigan et al. Chlorovirus ATCV-1 is part of the human oropharyngeal virome and is associated with changes in cognitive functions in humans and mice // PNAS. 2014. – Vol. 111, N 45. (November 11). – P. 16106–16111.

**Stepanova O. A. Stelmakh L.V. Search and isolation of the new algal virus of algae *Tisochrysis lutea* from the ecosystem of the Black Sea in the bays of Sevastopol (the Crimean region) // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 28–34.**

For the first time from the bays of Sevastopol in 2016–2017, have been isolated and partially studied five strains of the new algal virus of algae *Tisochrysis lutea* Bendif et Probert (Haptophyta). Isolation of the algal virus of algae *Tisochrysis lutea* from the ecosystem of the Black Sea indicates the circulation of this algae in the studied water areas.

*Key words:* algal virus of microalgae *Tisochrysis lutea*, ecosystem of the Black Sea.

*Поступила в редакцию 29.09.17*

УДК 595.799 (591.5)

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИИ ГНЕЗДОВАНИЯ ДИКИХ ПЧЁЛ (HYMENOPTERA, MEGACHILIDAE) ЧЕТЫРЕХ ВИДОВ В СОСТАВЕ ИСКУССТВЕННОЙ КОЛОНИИ

Иванов С. П.<sup>1</sup>, Яненко Б. В.<sup>2</sup>, Мензатова Э. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Таврическая академия Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, Симферополь, spi2006@list.ru

<sup>2</sup> Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина, Москва, korzhuyck@yandex.ru

Изучены особенности биологии гнездования диких пчел *Anthidium manicatum*, *Hoplosmia bidentata*, *Heriades crenulatus*, *Megachile rotundata* в составе смешанной колонии пчел, сформированной в искусственном гнездилище типа «гостиница для насекомых». Приводятся данные о характере заселения «гостиницы» отдельными видами и их численности. Оценены параметры гнездовой активности пчел: продолжительность одного фуражировочного вылета, вылета за строительным материалом, продолжительность фуражировки и строительства одной ячейки и другие. Приводятся данные о численности цветков меликтофильных растений разных видов, цветущих на территории вокруг искусственной колонии, и приоритеты пчел разных видов при их посещении.

*Ключевые слова:* дикие пчелы, *Anthidium manicatum*, *Hoplosmia bidentata*, *Heriades crenulatus*, *Megachile rotundata*, искусственное гнездилище, показатели гнездовой активности, трофические связи.

### ВВЕДЕНИЕ

Значение диких одиночных пчёл в природе и в хозяйственной жизни человека недооценивается. Их полезная деятельность остаётся почти незамеченной как не замечают обычно и работу своего организма, если она протекает нормально. Между тем значение диких одиночных пчёл в природе и для человека огромно. В отличие от медоносных пчёл, которые представлены в Европе одним видом, дикие одиночные пчёлы представлены здесь почти 2 тысячами видов, общее число видов диких пчел в мире, вероятно, превышает 20 тысяч (Michener, 2007). Каждый из видов диких пчел играет важную роль в опылении нескольких видов растений. Дикие пчелы-опылители являются непременным условием выживания большинства покрытосеменных цветковых растений на нашей планете. Как известно, медоносную пчелу человек разводит для получения мёда, воска, прополиса и маточного молочка, в тоже время, мало кому известно, что доходы от опыления сельскохозяйственных культур в несколько раз превышают доходы от традиционных продуктов пчеловодства. Подобно медоносной пчеле дикие пчёлы поддаются искусственному разведению, что успешно осуществляется на практике в Канаде, США и некоторых странах Европы. Существует целый ряд культур, для опыления которых успешно применяются дикие пчёлы (Maeta, 1978; Torchio, 1991; O'Toole, 1993; Strickler, Vinson, 2000; Bosch, Kemp 2004; Krunic, Stanislavljevic, 2006). Наибольший эффект получен при использовании диких пчел для опыления семенных участков люцерны (Stephen, 1961; Bohart, 1972; Hobbs, 1973). Однако дальнейшее развитие этой отрасли сельского хозяйства – разведение диких пчел для опыления растений – требует более глубокого изучения их биологии.

Таким образом, актуальность изучения биологии и экологии диких пчел определяется большим значением их как опылителей растений в природных и сельскохозяйственных ценозах и, соответственно, большой востребованностью знаний об особенностях их гнездования. Особую ценность представляют исследования биологии и экологии диких пчел в условиях искусственного разведения.

Цель работы – провести сравнительное изучение биологии гнездования четырёх видов диких пчёл в составе искусственной колонии.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований послужила колония диких пчел, в составе которой наблюдалось гнездование 9 видов: пчела-шерстобит *Anthidium manicatum* (Linnaeus, 1758), пчелы-листорезы *Megachile centuncularis* (Linnaeus, 1758), *Megachile maritima* (Kirby, 1802) и *Megachile rotundata* (Fabricius, 1787), пчела-смолевщица *Heriades crenulatus* Nylander, 1856, пчелы-лепщицы *Hoplitis adunca* (Panzer, 1798), *Hoplosmia bidentata* (Morawitz, 1876), *Osmia bicornis* (Linnaeus, 1758), *Osmia cornuta* (Latreille, 1805). Колония была сформирована путем установки между гнездовыми блоками «гостиницы» подсадных гнёзд, содержащих в своих ячейках молодых самок и самцов, перезимовавших в материнских гнёздах и готовых к вылету. Подсадные гнёзда были получены при разборе гнёзд-ловушек, предварительно установленных в местах естественного гнездования пчел в Крыму (Иванов, 2013).

Для изучения особенностей гнездования были выбраны 4 вида пчел: *A. manicatum*, *M. rotundata*, *H. crenulatus* и *H. bidentata*, которые были включены в состав группы объектов изучения по причине совпадения сроков их гнездовой активности. Наблюдения за гнездованием пчел проводились в июле 2012 года.

Искусственное гнездилище типа «гостиницы для насекомых» представляло собой стеллаж, на полки которого были уложены гнездовые блоки из трубчатых материалов в основном из отрезков полых стеблей тростника (*Phragmites australis*) (рис. 1 а и б). Кроме связок стеблей тростника для заселения пчелам предлагались гнездовые блоки из трубок, свернутых из бумаги, а также стебли с мягкой сердцевинкой. Длина трубок варьировала от 10 до 30 см, внутренний диаметр полости – от 4 до 12 мм. Стеллаж с гнездовыми блоками был установлен на лоджии 5 этажа учебного корпуса Таврической академии Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского (ТА КФУ). Колония формировалась постепенно, начиная с 2000 года.

Перед началом наблюдений тростниковые трубки, заселенные самками разных видов пчел, снабжались номерками, хорошо видными наблюдателю (рис. 1 в). К началу наблюдений за гнездовой активностью пчел была помечено одно гнездо *A. manicatum*, 5 гнёзд *H. bidentata*, 6 гнёзд *M. rotundata* и 27 гнёзд *H. crenulatus*. Именно эти гнёзда были взяты под наблюдение. Наблюдения за поведением самок у гнёзд начинались в 7 часов утра с началом вылета самок из гнёзд и заканчивались вечером после окончания их дневной активности. В ходе этих наблюдений фиксировалось время вылетов самок из гнёзд, прилетов с грузом пыльцы и нектара или порциями строительного материала. Эти и другие события записывались на диктофон с фиксацией времени их начала и окончания. Каждые полчаса фиксировались погодные условия.

Для наблюдений выбирались солнечные дни, без осадков и сильного ветра. Непрерывные наблюдения проводились в течение 2-х дней, их общее время – 25 часов. Кроме того проводились нерегулярные наблюдения в течение 2–3 часов в разное время дня для получения дополнительного материала по продолжительности отдельных поведенческих актов пчел, таких как сбор и укладка в ячейку строительного материала, сбор провизии на цветках и другие.

Полученные данные использовались для построения хронограмм летной активности пчел. Далее по хронограммам проводился расчёт показателей летной активности пчел. Вычислялись средние значения продолжительности времени одного фуражировочного вылета, вылета за строительным материалом, разгрузки пыльцы и нектара, числа вылетов за строительным материалом и провизией на одну ячейку и другие.

На основании данных о среднем времени начала и окончания дневной активности рассчитывалась общая продолжительность рабочего дня. Кроме того, определялись средние значения общего времени продолжительности заготовки провизии в одну ячейку, строительства одной ячейки, отдыха пчелы в течение дня и времени, затраченного в целом на одну ячейку.

Для выявления трофических связей пчел нами были проведены наблюдения на участках естественной растительности, прилегающих к месту установки «гостиницы для насекомых» (рис. 1 з). На этих участках прокладывались трансекты (рис. 1 д), вдоль которых проводили подсчёт цветков мелиттофильных растений, цветущих в период лёта пчел, оценивалась их абсолютная и относительная численность.

Параллельно с этими подсчётами проводилось взятие проб пыльцы из скопы (собирающего аппарата) пчел. Взятие проб пыльцы из скопы пчел и дальнейшая ее идентификация проводилась по специальной методике (Иванов, Мензатова, 2016). Суть методики состоит в том, что в период вылета самки за провизией и ее отсутствия в гнезде вход в гнездовую трубку затыкался небольшой пробочкой. Прилетевшая к гнезду с ношей пыльцы самка, отлавливалась с помощью специальной бумажной гильзы. Затем, препаровальной иглой небольшую часть пыльцы из скопы самки вычищали в бумажный пакетик. Часть этой пыльцы помещали на сетку камеры Горяева, идентифицировали, сравнивая с эталонными препаратами пыльцы, и подсчитывали по (Киселев и др., 1983), оценивая таким путем соотношение пыльцы разных видов растений.



Рис. 1. Изучение гнездовой активности и трофических связей пчел

Искусственное гнездилище типа «гостиница для насекомых» (а), гнездовые блоки «гостиницы» (б), маркировка заселенных трубок гнездового блока (в), кормовой участок пчел, поросший васильком растопыренным и чертополохом курчавым (з), космоснимок территории университета с отметкой трансект для подсчета цветков кормовых растений пчел (д), определение видовой принадлежности пыльцы из обножек пчел (е), пыльцевые зерна мелиттофильных растений четырех видов: *Carduus crispus* (з), *Achillea setacea* (и), *Echium vulgare* (к), *Centaurea diffusa* (л) в объективе микроскопа на фоне сетки камеры Горяева.

Эталонные препараты пыльцы изготавливались следующим образом. Предварительно из цветков растений, цветущих в период лета пчел вокруг «гостиницы», извлекались тычинки со зрелой пылью, пыльца высыпалась на сетку камеры Горяева и накрывалась покровным стеклом. Камера Горяева помещалась на предметный столик микроскопа (рис. 1 е) и фотографировалась. Фотографии пыльцевых зерен на фоне сетки камеры Горяева (рис. 1 з–л) в дальнейшем использовались как эталонные препараты при идентификации пыльцы из скопы пчел.

Математическую обработку данных проводили с использованием стандартных методов биометрии (Лакин, 1990).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Искусственное гнездилище типа «гостиница для насекомых», в котором проводились наши наблюдения, было уставлено на лоджии 5-го этажа здания ТА КФУ в 2000 году. В первые годы существования «гостиницы» в качестве подсадных использовали гнёзда двух видов: *O. bicornis* и *O. cornuta*. Молодые самки этих видов, выходя из материнских гнёзд, заселяли гнездовые блоки «гостиницы». Этому способствовало окружение здания ТА КФУ – в весенний период здесь в большом количестве цвели фруктовые деревья в основном на участках вокруг частных одноэтажных строений. Число самок этих двух видов из года в год возрастало.

В последующие годы в качестве подсадных нами использовались гнёзда и других видов: *H. adunca*, *H. crenulatus*, *M. rotundata*. Гнёзда первых трех видов были получены при разборе гнёзд-ловушек, предварительно установленных в местах естественного гнездования пчел в Крыму. Гнёзда *M. rotundata* были любезно предоставлены нам М. А. Филатовым, который, в свою очередь, позаимствовал этот материал из партии коконов, закупленных в Канаде одной из украинских агрофирм. Самки видов *A. manicatum*, *H. bidentata*, *M. centuncularis* и *M. maritima* заселяли «гостиницу» естественным путем – обнаружив ее при поиске места для закладки гнёзд после выплода из материнских гнёзд, видимо, расположенных в окружающей местности.

Многолетнее гнездование с последовательным увеличением числа самок «гостинице» наблюдалось у видов: *H. crenulatus*, *H. adunca*, *O. bicornis* и *O. cornuta*; многолетнее гнездование без увеличения численности: *H. bidentata* и *M. rotundata*; нерегулярное гнездование единичных самок: *A. manicatum*, *M. centuncularis*, *M. maritima*.

В сезон наблюдений 2012 года в «гостинице» отмечено гнездование 58 самок *H. crenulatus*, 12 – *H. bidentata*, 7 – *M. rotundata* и 1 самка *A. manicatum*.

Показатели строительной и фуражировочной активности пчел представлены в таблице 1. Из данных таблицы видно, что наибольшее время на сбор одной порции строительного материала затрачивает *A. manicatum* – 6,3 минут, а наименьшее – *H. crenulatus* – 4,2 минут. Самки *A. manicatum* строят ячейки из растительной ваты (рис. 2 а), которую они счищают с опушенных листьев или стеблей травянистых растений, а самки *H. crenulatus* для этих целей используют смолу растений (рис. 2 б). Этим, видимо, можно объяснить отличия в скорости сбора порции строительного материала у этих видов. Мы не проводили оценку затрат времени самок этих видов на сбор ваты или смолы, но с учетом того, что дефицита этих материалов в природе нет, остается предположить, что добыть кусочек смолы самке *H. crenulatus* удастся быстрее, чем самке *A. manicatum* собрать порцию ваты. Кроме того, как показали наши наблюдения, самки *H. crenulatus* часто не утруждают себя поисками смолы в природе, а используют комочки смолы, выпавшие из материнских гнёзд при первом выходе из них молодых пчел или при расчистке их для повторного заселения. Такие кусочки местами образуют целую россыпь на полках «гостиницы».

Меньшее время, чем *A. manicatum*, затрачивают на сбор одной порции строительного материала и самки *M. rotundata* – 5,9 минут. Эти пчелы строят ячейки из вырезок листьев

(рис. 2 с). Само вырезание, по нашим наблюдениям, занимает от 5 до 10 секунд, остальное время пчелы-листорезы тратят на поиск подходящего растения и листа.

Меньшее чем *M. rotundata*, но большее чем *H. crenulatus* – 5,6 мин затрачивают на сбор одной порции строительного материала самки *H. bidentata*, которые используют для строительства ячеек замазку из пережеванного растительного материала (рис. 2 д). Видимо, пчелы-лепщицы испытывают меньше затруднений с поиском и сбором своего строительного материала, чем пчелы-листорезы и пчелы-шерстобиты.

Продолжительность разгрузки принесенного в гнездо строительного материала у пчел-лепщиц, пчел-смолевщиц и пчел-листорезов существенно не отличается, при этом у пчел-шерстобитов на эту операцию тратится времени в 1,5–1,7 раза больше. Видимо, это тоже можно объяснить свойствами строительного материала – чтобы уложить комочек мягкой ваты в стенку ячейки и придать ему нужную форму требуется больше времени, чем, например, уложить вырезку листа, как это делает пчела-листорез, или пристроить комочек растительной замазки или смолы, как это делают *H. bidentata* и *H. crenulatus*. По количеству порций строительного материала, необходимых для изготовления одной ячейки, выделяются два вида – *A. manicatum* и *M. rotundata*. Это связано со строением их ячеек. Оба вида строят полнокомпонентные ячейки (Иванов, 2009, 2010), имеющие дно, горловину и пробку (рис. 2 а и с), а ячейки гнёзд *H. bidentata* и *H. crenulatus* не имеют стенок и отделяются друг от друга более или менее тонкими перегородками (рис. 2 б и д).

Время на сбор, укладку и количество порций строительного материала определяют общие затраты времени на строительство одной ячейки. Минимальное время на строительство ячейки тратят пчелы-смолевщицы *H. crenulatus* – 30,3 минуты. Самки пчел-лепщиц *H. bidentata* тратят на строительство одной ячейки в среднем немного больше времени – 39,8 минуты, а пчелы-шерстобиты *A. manicatum* и пчелы-листорезы *M. rotundata* в два раза больше – 72 и 77 минуты соответственно.

Однако все потери времени в период строительства пчела-шерстобит компенсирует во время снабжения ячейки провизией. Самки *A. manicatum* почти в два раза быстрее собирают порцию провизии на цветках, чем все другие изученные виды, при одинаковом числе вылетов за провизией (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Показатели строительной и фуражировочной активности диких пчел четырех видов

Параметр	<i>Anthidium manicatum</i>		<i>Hoplosmia bidentata</i>		<i>Heriades crenulatus</i>		<i>Megachile rotundata</i>	
	n	$\bar{x} \pm S_x$						
Продолжительность одного вылета за строительным материалом, мин	22	<u>6,3</u> ±2,9	12	5,6±2,9	50	<b>4,2</b> ±2,0	30	5,9±2,4
Продолжительность разгрузки строительного материала, мин	19	<u>3,0</u> ±1,0	19	<b>2,0</b> ±0,9	34	<b>2,0</b> ±0,8	29	2,7±1,4
Продолжительность одного фуражировочного вылета, мин	50	<b>13,9</b> ±5,8	74	20,5±13,2	366	22,0±12,6	131	<u>23,0</u> ±13,3
Продолжительность разгрузки провизии, мин	37	<u>4,3</u> ±1,4	33	<b>2,5</b> ±1,0	50	2,6±0,9	50	2,8±1,1

Примечание к таблице. Выделены жирным и подчеркнуты значения, повышающие эффективность гнездования, а простым подчеркиванием – снижающие.

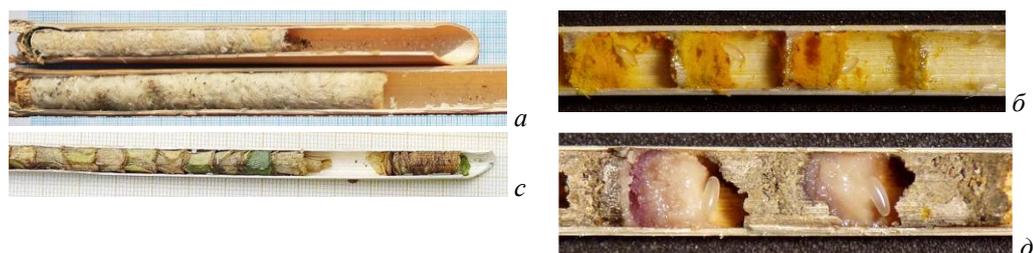


Рис. 2. Вскрытые гнёзда диких пчел-мегахилид

Отдельные ячейки гнёзда *Anthidium manicatum* (а) не видны под сплошным слоем растительного пуха; ячейки гнёзда *Megachile rotundata* (б) видны по выравненным краям вырезок; ячейки гнёзд *Heriades crenulatus* (с) и *Hoplosmia bidentata* (д) и их содержимое (хлебцы и отложенные на них яйца) хорошо видны из-за отсутствия у ячеек боковых стенок.

Таблица 2

Общие показатели гнездовой активности диких пчел четырех видов

Показатель	<i>Anthidium manicatum</i>	<i>Hoplosmia bidentata</i>	<i>Heriades crenulatus</i>	<i>Megachile rotundata</i>	В среднем
Время начала / окончания дневной активности, время дня	<b><u>7:24</u> / <u>17:40</u></b>	<b><u>8:51</u> / <u>18:05</u></b>	8:18 / 17:45	8:10 / 17:51	8:20 / 17:50
Общая продолжительность рабочего дня, часы : минуты	<b><u>10:16</u></b>	<b><u>9:14</u></b>	9:27	9:41	9:45
Средняя продолжительность отдыха одной пчелы в течение дня, мин	121,0	<b><u>78,0</u></b>	115,4	<b><u>193,1</u></b>	126,9
Количество вылетов за провизией на одну ячейку	13,6	<b><u>10,6</u></b>	12,2	<b><u>15,8</u></b>	13,1
Продолжительность заготовки провизии в одну ячейку, мин	247,5	<b><u>243,8</u></b>	300,1	<b><u>407,6</u></b>	299,8
Продолжительность времени, проведенного на цветках за сбором провизии, мин	<b><u>189,0</u></b>	217,3	268,4	<b><u>363,5</u></b>	259,6
Количество вылетов за строительным материалом на одну ячейку	7,7	5,2	<b><u>4,9</u></b>	<b><u>12,4</u></b>	7,6
Продолжительность строительства одной ячейки, мин	72,0	39,8	<b><u>30,3</u></b>	<b><u>77,0</u></b>	54,8
Общее время, затраченное на одну ячейку, мин	319,5	<b><u>283,6</u></b>	330,4	<b><u>484,6</u></b>	354,5
Максимальное количество ячеек, построенных за один день, без учета отдыха	1,9	<b><u>2,0</u></b>	1,7	<b><u>1,2</u></b>	1,7
Количество ячеек, построенных за один день, с учётом отдыха	1,6	1,7	1,4	0,8	1,4
Коэффициент фуражировочной активности	0,59	0,77	0,81	0,75	0,73

Примечание к таблице. Выделены жирным и подчеркнуты значения, повышающие эффективность гнездования, простым подчеркиванием – снижающие.

В результате *общее время, затраченное на строительство и фуражировку одной ячейки*, оказалось ниже средней величины этого показателя, рассчитанного для 4-х видов пчел (табл. 2). По этому показателю наименьшее время у *H. bidentata* (283,6 мин), а наибольшее – у *M. rotundata* (484,6 мин). По всем показателям, которые влияют на этот показатель, пчелы-листорезы отстают от других видов.

Как показали наблюдения, самки пчел всех изученных видов часть дневного времени проводят в гнёздах, не занимаясь никакой работой. Чаще всего это происходит в полуденные часы. Пчелы-листорезы в течение дня отдыхают в гнезде, наибольшее время (193 мин). Меньше всего отдыхают самки *H. bidentata* (78 мин). Примерно одинаковое время отдыхают самки *A. manicatum* и *H. crenulatus* – 121 и 115 минуты соответственно.

Наибольшая продолжительность рабочего дня отмечена для пчелы-шерстобита *A. manicatum*. Самка этого вида, на час раньше вылетая из гнёзда утром, заканчивала дневную активность вместе с другими видами пчел.

Один из показателей, представленных в таблице 2, является интегрированным показателем, оценивающим эффективность гнездовой активности пчел данного вида в целом, а именно – *общее время, затраченное на строительство и фуражировку одной ячейки*. Этот показатель рассчитывался в двух вариантах: с учетом времени дневного отдыха и без. В первом случае этот показатель констатирует эффективность гнездовой активности пчел данного вида в данных условиях гнездования. Во втором – потенциальные возможности вида в идеальных условиях.

Каждый из выявленных нами параметров, представленных в таблицах 1 и 2, оценен как повышающий или понижающий эффективность гнездовой активности данного вида пчел в зависимости от того, превышает его значение среднюю величину этого показателя, рассчитанного для всех остальных видов пчел, или его значение меньше этой величины. Анализ выявленных нами показателей свидетельствует, что пчелы-листорезы имеют низкую эффективность гнездовой активности, уступая другим видам по 9 из 14 показателей.

Трофические связи пчел и приоритеты самок в выборе кормовых растений выявлялись нами с учетом относительной численности цветков отдельных видов растений, цветущих в окружении «гостиницы». В радиусе 250 м вокруг «гостиницы» нами выявлено 25 таких видов растений. Ряд видов были представлены большим количеством обильно цветущих растений, а некоторые из них встречались единично. Список видов растений, численность цветков которых превысила 0,5 % от общего количества цветков всех видов, включил 17 видов: василёк распростертый (*Centaurea diffusa*), двурядка тонколистная (*Diplotaxis tenuifolia*), люцерна желтая (*Medicago falcata*), тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea*), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus*), софора японская (*Sophora japonica*), чертополох курчавый (*Carduus crispus*), вязель пестрый (*Coronilla varia*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), синяк обыкновенный (*Echium vulgare*), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*), хондрилла ситниковая (*Chondrilla juncea*) шалфей мутовчатый (*Salvia verticillata*), девясил британский (*Inula britannica*), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*), клевер гибридный (*Trifolium hybridum*), скерда щетинистая (*Crepis setosa*). В данном списке виды перечислены в последовательности убывания численности цветков, что отражено на рисунке 3.

Как показал анализ пыльцы из скопы пчел, соотношение пыльцы разных видов растений у разных видов пчел было различным и не в одном случае не соответствовало соотношению цветков растений, цветущих в окружении «гостиницы». В собирательном аппарате пчелы-шерстобита *A. manicatum* была обнаружена пыльца только одного растения – шалфея мутовчатого, несмотря на то, что растения этого вида встречались относительно редко. Это свидетельствует о том, что *A. manicatum* является монолектом, по крайней мере, в тех случаях, когда фитоценоз ее кормовых участков включает виды, представленные в нашем списке.

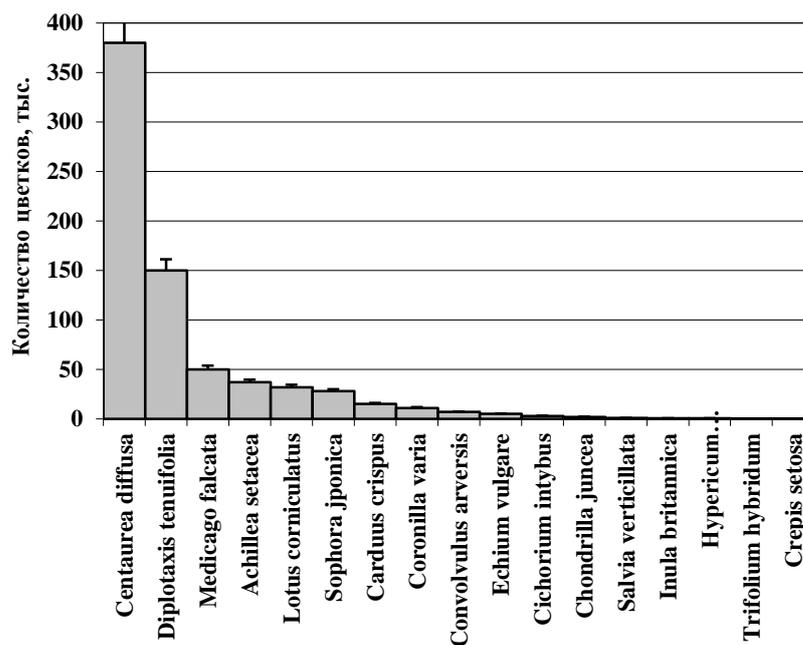


Рис. 3. Численность и соотношение цветков разных видов растений на кормовых участках пчел в окружении «гостиницы»

Самки пчел *H. bidentata* посещали цветки самого многочисленного из цветущих растений – василька распротёртого. Пыльца других видов растений встречалась единично и принадлежала растениям из семейства астровых. Таким образом, *Hoplosmia bidentata* в данных условиях обитания проявил себя как монолект на васильке распротёртом.

В собирательном аппарате самок пчел *H. crenulatus* в наибольшем числе присутствовала пыльца василька распротертого (75 %), а остальные 25 % пыльцевых зерен принадлежали хондрилле, скерде и цикорию. Таким образом, трофические приоритеты *Heriades crenulatus* проявляются в предпочтительном посещении растения семейства астровые, а его самого как олиголекта на астровых.

Самки пчел *M. rotundata* при выборе кормовых растений отдавали предпочтение двум видам растений – люцерне и двурядке (55 и 33 % соответственно). В скопе самок также была отмечена пыльца лядвенца, софоры и некоторых других растений в минимальном количестве. Таким образом, *M. rotundata* является полилектом с предпочтением растений семейства бобовых и крестоцветных.

## ВЫВОДЫ

1. В искусственном гнездилище типа «гостиница для насекомых», установленном на лоджии 5-го этажа здания, расположенного в пригороде Симферополя, удалось сформировать искусственную колонию диких одиночных пчел-мегахилид. Многолетнее гнездование с последовательным увеличением числа самок наблюдалось у видов: *Hoplitis adunca*, *Heriades crenulatus*, *Osmia bicornis*, *Osmia cornuta*; многолетнее гнездование без увеличения численности: *Anthidium manicatum*, *Hoplosmia bidentata*, *Megachile rotundata*; нерегулярное гнездование: *Megachile centuncularis*, *Megachile maritima*.
2. Гнездовая активность пчел включала два основных вида деятельности – строительство ячеек и заполнение их провизией. Относительно высокие показатели строительной активности проявили пчелы, строящие неполнокомпонентные ячейки из растительной замазки (*Hoplosmia bidentata*) и из смолы растений (*Heriades crenulatus*). Более низкие – *Anthidium manicatum* и *Megachile rotundata*, строящие

- полнокомпонентные ячейки из растительного пуха и вырезок из листьев соответственно.
3. Наилучшие показатели эффективности в заготовке провизии показали пчелы *Hoplosmia bidentata* и *Anthidium manicatum* – 214 и 248 минут на одну ячейку соответственно, значительно большее время на эту операцию тратили пчелы *Heriades crenulatus* (300 мин) и особенно *Megachile rotundata* (408 мин).
  4. Максимальная эффективность гнездовой активности, оцененная с использованием интегрированного показателя – количество ячеек, построенных самкой за один день, – отмечена для пчел *Hoplosmia bidentata* (1,7 ячейки за один день), наименьшая – у *Megachile rotundata* (0,8 ячейки). Среднее положение заняли *Anthidium manicatum* (1,6 ячейки) и *Heriades crenulatus* (1,4 ячейки), не намного уступив лидирующему виду.
  5. Трофические связи пчел были оценены следующим образом: *Anthidium manicatum* и *Hoplosmia bidentata* – монолекты на шалфее мутовчатом и васильке распротёртом соответственно; *Heriades crenulatus* – олиголект на астровых; *M. rotundata* – полилект с предпочтением растений семейства бобовых и крестоцветных. Тип трофических связей в значительной мере определяет эффективность сбора провизии на цветках – монолекты более эффективны, чем олиго- и полилекты.

**Благодарности.** Авторы приносят благодарность к. б. н. М. А. Филатову за любезно предоставленные коконы пчел-листорезов и к. б. н. А. В. Фатерыге за плодотворное обсуждение результатов исследований.

### Список литературы

- Иванов С. П. Материалы сравнительного изучения строения гнёзд пчел-листорезов (Hymenoptera, Megachilidae, Megachile Latr.). Сообщение I. Разнообразие гнездовых построек // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – Симферополь: ТНУ, 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 68–78.
- Иванов С. П. Реконструкция филогенетических отношений пчел-мегахилид (Hymenoptera: Megachilidae) на основе эволюционного сценария развития их гнездостроительных инстинктов // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – Симферополь: ТНУ, 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 40–57.
- Иванов С. П., Мензатова Э. А. Методика изучения трофических связей диких пчел-мегахилид (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae) по результатам анализа состава пыльцы из ячеек гнёзд и скопы самок // Экосистемы. – 2016. – Вып. 5 (35). – С. 66–86.
- Иванов С. П., Фатерыга А. В., Радченко В. Г., Жидков В. Ю. Заселение гнёзд-ловушек жалящими перепончатокрылыми (Hymenoptera, Aculeata) в Крыму // VIII з'їзд ГО «Українське ентомологічне товариство»: 26–30 серпня 2013 р.: тез. доп. – Київ, 2013. – С. 57–58.
- Киселев А. Н., Темирова С. И., Стенько Р. П. Методические указания к полевой практике по зоологии беспозвоночных / Симферополь: СГУ, 1983 – 16 с.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.
- Bohart G. E. Management of wild bees for the pollination of crops // Annu. Rev. Entomol. – 1972. – Vol. 17. – P. 287–312.
- Bosch J., Kemp W. P. Effect of pre-wintering and wintering temperature regimes on weight loss, survival, and emergence time in the mason bee *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae) // Apidologie. – 2004. – Vol. 35. – 469 – 479.
- Hobbs G. A. Alfalfa leafcutter bees for pollinating alfalfa in western Canada. – Ottawa: Canada Dep. Agric., 1973. – 30 p. (Inform. Div., Publ. 1495).
- Krunić M., Stanislavljević L. The biology of European orchard bee *Osmia cornuta* (Latr.) (Hymenoptera: Megachilidae). – Belgrade, 2006. – 137 p.
- Maeta Y. [Comparative studies on the biology of the bees of the genus *Osmia* of Japan, with special reference to their management for pollination of crops (Hymenoptera: Megachilidae)] // Bull. Tohoku Natur. Agron. Exper. Station. – 1978. – N 57. – 221 p.
- Michener C. D. The Bees of the World. – Baltimore: The Johns Hopkins Univ. Press, 2007. – 953 p.
- O'Toole C. Diversity of native bees and agroecosystems // Hymenoptera and Biodiversity. – Wallingford: CAB International, 1993. – P. 169–196.
- Stephen W. P. Artificial nesting sites for the propagation of the leaf-cutter bee, *Megachile (Eutricharaea) rotundata*, for alfalfa pollination // J. econ. Entomol. – 1961. – Vol. 54, N 5. – P. 989–993.

Strickler K., Vinson E. V. Simulation of the effect of pollinator movement on alfalfa seed set // Environ. Entomol. – 2000. – Vol. 29, N 5. – P. 907–918.

Torchio P. F. Bees as crop pollinators and the role of solitary species in changing environments // Acta Horticult. (Wageningen). – 1991. – N 288. – P. 49–61.

**Ivanov S. P., Yanenko B. V., Menzatova E. A. Comparative study of nesting biology of four wild bees species (Hymenoptera, Megachilidae) in the composition of artificial aggregation // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 35–44.**

The nesting biology features of wild bees *Anthidium manicatum*, *Hoplosmia bidentata*, *Heriades crenulatus*, *Megachile rotundata* in a mixed aggregation of bees formed in an artificial nest like a «hotel for insects» were studied. Data on the nature of the «hotel» inhabited by separate species and their amounts were given. The parameters of bees' nesting activity were revealed: duration of one foraging flight, flight for building material, duration of foraging and construction of one cell, etc. Data on the number of flowers of melittophilic plants of different species blooming around the artificial aggregation, and the priorities of bees of different species when visiting them were given. In addition to the listed species, the nesting biology of which was studied most fully, in the composition of the «hotel» aggregation, other species of single bees Megachilidae nested for 10 years. Long-term nesting with consistent increase in the number of females was observed in species: *Hoplitis adunca*, *Heriades crenulatus*, *Osmia bicornis*, *Osmia cornuta*; long-term nesting without increase in number: *Anthidium manicatum*, *Hoplosmia bidentata*, *Megachile rotundata*; irregular nesting: *Megachile centuncularis*, *Megachile maritima*. Nesting activity of bees included two main activities: construction of cells and filling with provisions. Bees building incomplete cells of plant putty (*Hoplosmia bidentata*) and resin of plants (*Heriades crenulatus*) spent relatively little time for the construction of cells. A greater time for construction was spent by the *Anthidium manicatum* and *Megachile rotundata* which built full-component cells of plant fluff and cuttings from leaves. The bees *Hoplosmia bidentata* and *Anthidium manicatum* spent relatively little time to collect pollen and nectar (214 and 248 minutes per cell respectively), and the bees *Heriades crenulatus* (300 min) and especially *Megachile rotundata* (408 min) spent much more time on this operation. The maximum efficiency of nesting activity expressed in the integrated indicator – a number of cells built by the female per day – was noted for bees *Hoplosmia bidentata* (1,7 cell), the smallest – for *Megachile rotundata* (0,8 cell). The average position was occupied by *Anthidium manicatum* (1,6 cell) and *Heriades crenulatus* (1,4 cell), which is not much inferior to the leading species. The trophic priorities of bees in these nesting conditions were shown as follows: *Anthidium manicatum* and *Hoplosmia bidentata* – monolects on *Salvia verticillata* and *Centaurea diffusa*, respectively; *Heriades crenulatus* – oligolect on Asteraceae; *Megachile rotundata* is a polylect with a preference for plants Fabaceae and Brassicaceae. The type of trophic connections largely determines the efficiency of the collection of provisions on flowers – monolects are more effective than oligo- and polylects.

*Key words:* wild bees, *Anthidium manicatum*, *Hoplosmia bidentata*, *Heriades crenulatus*, *Megachile rotundata*, artificial nest, indicators of nesting activity, trophic connections.

Поступила в редакцию 10.07.17

УДК 594 (292.471)

**РЕГЕНЕРАЦИЯ РАКОВИНЫ *CORNU ASPERSUM*  
(MOLLUSCA; PULMONATA) ИЗ ПАРКА САНАТОРИЯ «АЙВАЗОВСКОЕ»  
(ПАРТЕНИТ, КРЫМ, РОССИЯ)**

*Леонов С. В., Сейтумерова Э. Р.*

*Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Россия, leo-zoology@yandex.ru*

Показано, что за 5 месяцев содержания в террариуме в лаборатории в период с 27.06.2016 по 26.11.2016 ювенильная улитка *Cornu aspersum* Müller, 1774 из парка санатория «Айвазовское» (Партенит, Крым, Россия) с сильно повреждённым устьевым краем раковины восстановила её целостность и достигла половой зрелости. Рассмотрены другие примеры повреждений раковины улиток *C. aspersum* из парка и механизмы регенерации.

*Ключевые слова:* *Cornu aspersum*, Крым, восстановление, регенерация раковины.

**ВВЕДЕНИЕ**

В июне 2016 года в парке санатория «Айвазовское» была обнаружена ювенильная особь средиземноморского вселенца *Cornu aspersum* Müller, 1774 (Леонов, 2017). С учётом того, что найденный экземпляр был единственным, его раковина была сильно повреждена (рис. 1, верхний ряд) и не были окончательно сформированы дефинитивные признаки, оставались некоторые сомнения в точности определения. В то же время, достоверная находка вида, который до этого был отмечен в Крыму лишь единожды в единственном локалитете больше столетия назад – в 1909 году под Феодосией (Lindholm, 1926), представляла несомненный интерес и требовала уверенного диагноза.



Рис. 1. Молодая *Cornu aspersum* с повреждённой раковинной в трёх разных проекциях (верхний ряд, съёмка 28.06.2016) и она же после достижения половой зрелости и полного завершения процесса регенерации (нижний ряд, съёмка 17.02.2017) (оригинал)

У наземных моллюсков существуют разнообразные механизмы регенерации раковины (Wagge, 1951; Wagge, Mittler, 1953; Pollard et al., 1977; Fernández et al., 2016; Yang et al., 2016), которые позволяют восстанавливать повреждённые участки как точечного характера в виде небольших сквозных сколов и трещин, так и кардинальные разрушения вроде опоясывающих, фрагментированных расколов или даже полного уничтожения устьевого части последнего оборота, иногда вплоть до затылка раковины. Поэтому были предприняты шаги по восстановлению участков повреждения, в надежде получить в лабораторных условиях полностью сформированную раковину после достижения моллюском половой зрелости. Позднее в парке были найдены как дефинитивные раковины, так и живые половозрелые улитки *C. aspersum* (Леонов, 2017), многие из которых также несли следы прижизненных повреждений с признаками заживления.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ювенильная особь *C. aspersum* была найдена в июне 2016 года О. А. Ивановой-Страндстрем возле первого корпуса санатория «Айвазовское» в Партените и передана (в состоянии эстивации) на кафедру экологии и зоологии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского.

28.06.2016 улитка была помещена в террариум – пластиковый бокс 380x200x200 мм, на дно которого был уложен природный субстрат, состоящий из поверхностного слоя почвы и листового опада, в качестве укрытий были разложены куски коры, камни, мох. Температурный режим соответствовал комнатной температуре и естественным колебаниям температуры окружающей среды (в среднем  $25\pm 4^\circ\text{C}$ ). Влажность поддерживалась на уровне близком к 100 % путём регулярного распыления воды в террариуме, кроме того на дно была установлена поилка.

Для кормления использовались овощи (морковь, капуста, салат, огурец, яблоко), а в качестве источника кальция – известняк, мел и перетёртая скорлупа куриных яиц. Пища заменялась каждые 2–3 дня, чтобы не допустить грибкового заражения.

Регенерация проходила до момента полного формирования дефинитивных признаков раковины (26.11.2016), соответствующих моменту наступления половой зрелости, – образования губы и отворота устья (Шилейко, 1978).

Дополнительное обследование парка санатория «Айвазовское» было проведено 25.06.2017. В результате удалось найти несколько десятков фрагментов, цельных раковин и живых особей *C. aspersum* (Леонов, 2017), которые были исследованы на предмет наличия прижизненных повреждений.

Оригинальная фотосъемка раковин производилась на нейтральном белом фоне с масштабным отрезком миллиметровой шкалы с помощью встроенной камеры смартфона Alcatel Onetouch Idol X+, Canon EOS 650D с использованием штатного зум-объектива Canon EF-S 18–135 mm f 1/3.5–5.6 IS STM, объектива с фиксированным фокусным расстоянием Canon EF 50 mm f 1/1.8 STM и удлинительных колец Kenko 12, 20 и 36 mm, макросъемка скульптуры раковины происходила с использованием электронной импульсной вспышки Sigma EF-530 DG ST, кольцевого светодиодного осветителя для макросъемки Amaron Halo ACL-C60 и специальной оптической системы из двух объективов (Tamron 55–200 mm f/4.0–5.6 DI II LD Macro + Zenitar 50 mm f/1.2), соединенных при помощи оборотного кольца. При съёмке баланс белого устанавливался автоматически или по соответствующим значениям осветительных приборов, только при съёмке встроенной камерой смартфона Alcatel Onetouch Idol X+ (повреждения ювенильной раковины, см. рис. 1 верхний ряд и рис. 2 А) баланс белого не был установлен. Авторство заимствованных фотографий оговорено под каждым рисунком.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В первые дни содержания в террариуме улитка находится в неактивном состоянии, активизация происходит лишь для поиска пищи. В дальнейшем (примерно с 3.07.2016 по 28.07.2016) регистрируются незначительные перемещения в горизонтальной плоскости. Отмечается обильное выделение слизи, в местах повреждения концентрируется белая пенистая масса. Это свидетельствует о высоком содержании разных форм кальциевых солей в составе слизи (Сампсон, 1961). Современные исследования показывают, что регенерация повреждений начинается практически моментально и в случае активности моллюска в первые часы в области повреждения откладывается кальцит (что показано при использовании в качестве матрицы скорлупы куриных яиц), затем в течение первых двух дней улитка продуцирует органическую матрицу, состоящую из  $\beta$ -хитина, белков и протеогликанов, в которую позднее встраивается арагонит (Fernández et al., 2016). Важную роль в транспорте кальция играют амёбоциты, которые обеспечивают его быструю доставку к повреждённым участкам (Wagge, 1951).

В конце июля пищевое поведение улитки становится более активным. 31.07.2016 зарегистрированы первые перемещения по вертикали (по стенкам емкости). Раковина в месте обновления пока очень хрупкая и тонкая, так как продолжается послойное её восстановление и рост (рис. 2 А). К концу сентября краевой участок раковины приобретает пигментацию (рис. 2 В; рис. 3). Улитка активно перемещается как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. В октябре происходит формирование утолщения на краю устья и отворота в виде небольшого изгиба на периферии. В конце октября – начале ноября отворот устья полностью закрывает пупок (рис. 1, снизу). Формирование этих признаков раковины соответствует окончанию формирования и созревания половой системы у гелицид (Шилейко, 1978).

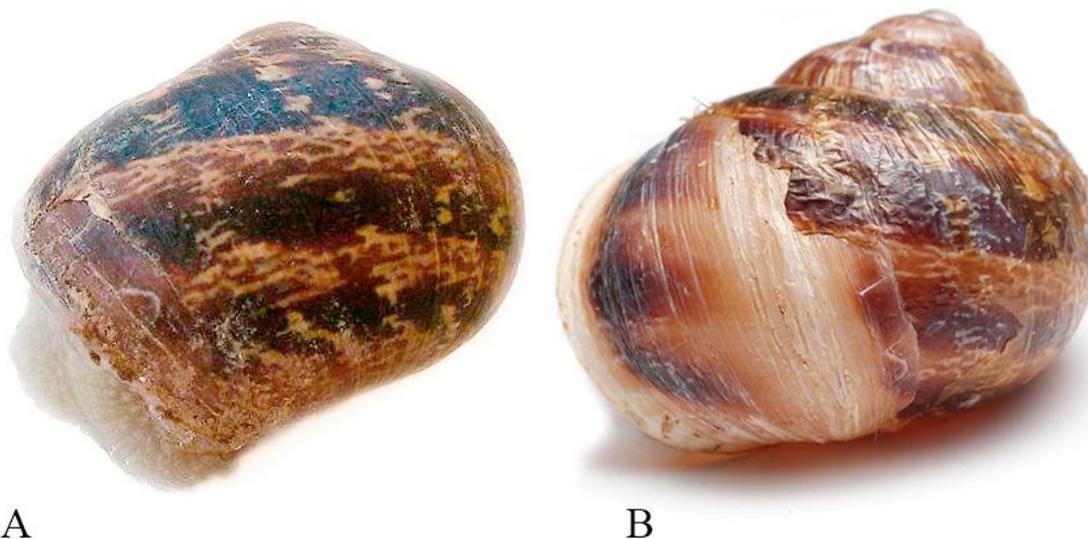


Рис. 2. Зона регенерации на предустьевом участке раковины *Cornu aspersum* (оригинал)  
А – спустя месяц содержания в террариуме (28.07.2016); В – после завершения регенерации (17.02.2017).

По большому счёту, подобная регенерация с определённого момента уже мало отличается от простого роста раковины, так как происходит по тому же принципу – мантия продуцирует новые слои, начиная с органической матрицы, которая в дальнейшем подвергается биоминерализации, а новая раковина после приостановки роста постепенно

начинает вырастать из-под края старой раковины (рис. 4 А, В; рис. 5 А), потому что именно под ней располагается сама мантия (Pollard et al., 1977). Именно так, из-под линии травматического скола происходит нарастание восстанавливаемой раковины (рис. 6).



Рис. 3. *Cornu aspersum* из парка санатория «Айвазовское» в террариуме после полного восстановления повреждённой раковины (оригинал)

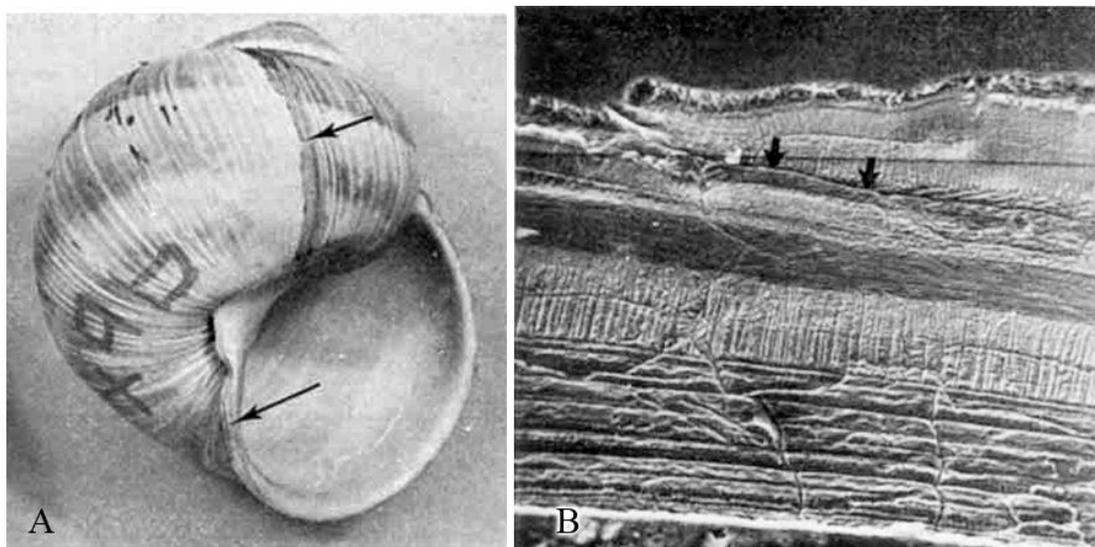


Рис. 4. Раковина *Helix pomatia* (фото из Pollard, 1977)

А – линия приостановки роста (обозначена верхней стрелкой); В – микрофотография поперечного среза на линии приостановки роста (обозначена стрелками).

В случае повреждения раковины быстрая биоминерализация за счёт деятельности амёбоцитов часто приводит к нарушению пигментации, что мы видим на участках первичной регенерации сразу же за линией излома (рис. 2 В; рис. 7 В). Подобным же

образом выглядят и незначительные повреждения, возникающие при разрушении устьевого края растущей улитки, в результате образуется соответствующий изгиб линии приостановки роста и кальцификация места травмы (рис. 5 В, С).

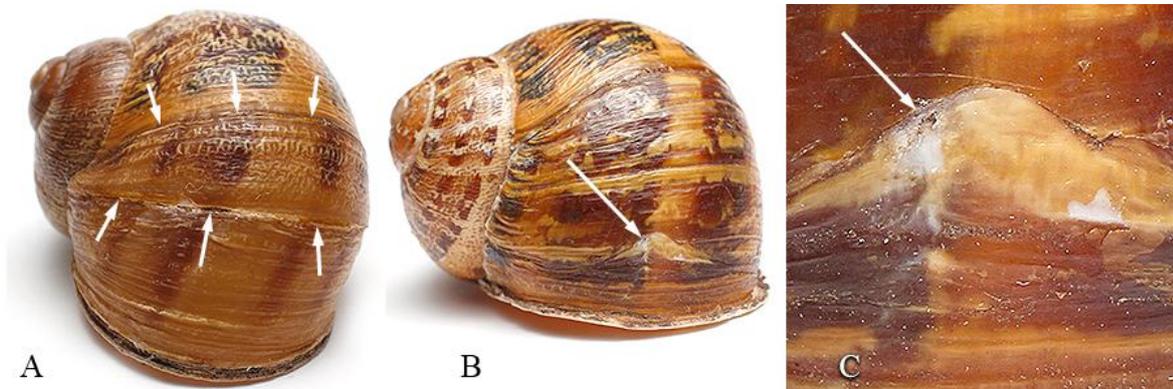


Рис. 5. Раковины *Cornu aspersum* из парка санатория «Айвазовское» (оригинал)

А – линии приостановки роста раковины (обозначены стрелками); В, С – регенерировавший участок повреждения устьевого края раковины с разной степенью увеличения (обозначен стрелкой).



Рис. 6. Участок регенерационного шва с послойной регенерацией раковины *Cornu aspersum* из-под излома. Проекция и локализация обозначены на врезках стрелками (оригинал)

При сравнении поверхностной скульптуры раковины в области повреждения с неповреждёнными участками выше по спирали заметно, что в процессе регенерации вермикулятная скульптура не восстановилась, и скульптурные образования представлены

лишь радиальными морщинами и узкими слабо и прерывисто намеченными спиральными бороздками (рис. 2 В, рис. 7). Это происходит при значительных повреждениях, когда необходимо восстанавливать большую площадь раковины. Подобная картина предстаёт в случае, например, опоясывающего раскола (рис. 8), когда за счёт включения сохранившихся осколков в состав матрицы и дальнейшей биоминерализации регенерационного шва удаётся сравнительно быстро восстановить целостность раковины. Незначительные трещины в апикальной области (рис. 9) обычно не представляют серьёзной угрозы для жизни взрослого моллюска, однако в любом случае являются затратными. В целом, можно отметить, что в парке санатория «Айвазовское» подавляющее большинство улиток *C. aspersum* имеет те или иные повреждения раковины, что связано, по всей видимости, с наличием большого количества дорожек с твёрдым покрытием и возвышений над ними в виде декоративных кустарников, деревьев, высоких клумб и подпорных стенок, падение с которых на асфальт или плитку практически безальтернативно ведёт к повреждению раковины.

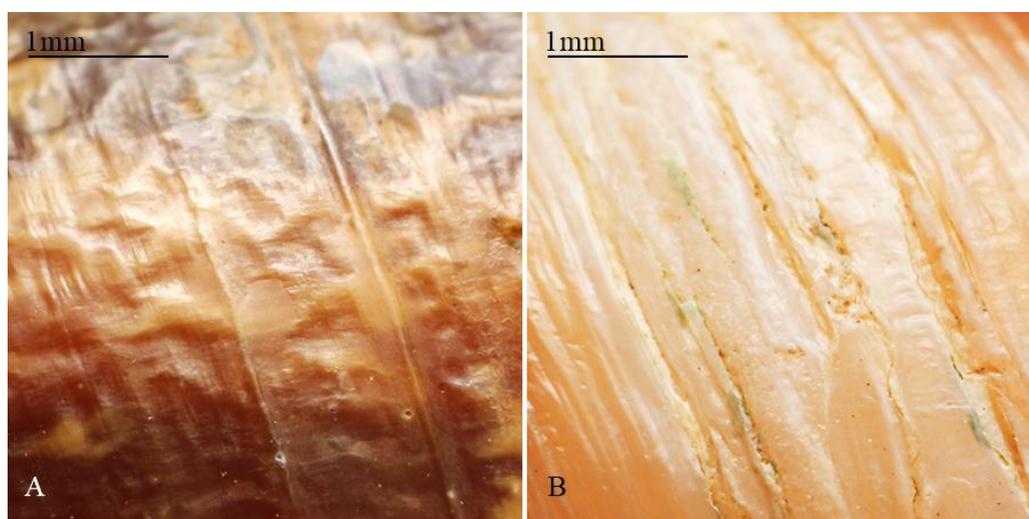


Рис. 7. Особенности скульптуры раковины *Cornu aspersum* в области регенерации скола (оригинал)

А – характерная вермикулятная скульптура и нормальная пигментация на неповреждённом участке раковины. В – деформированная скульптура и нарушенная пигментация на участке первичной регенерации.



Рис. 8. Раковина *Cornu aspersum* из парка санатория «Айвазовское» с опоясывающим расколом (оригинал)

А – внешний вид раковины со стороны затылка и устья; В – восстановленный участок с осколками раковины, сцементированными кальцинированным слоем



Рис. 9. Апикальные и субапикальные трещины (обозначены стрелками) на раковинах *Cornu aspersum* из парка санатория «Айвазовское» (оригинал)

На раковине улитки с опоясывающим расколом хорошо выражен след непосредственного контакта с твёрдым субстратом, вероятней всего, в результате падения с большой высоты – глубокий разлом в области затылка (рис. 8). Апикальные и субапикальные трещины (рис. 9) – тоже наиболее вероятное последствие падения, но уже с меньшей высоты.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При содержании в террариуме в лабораторных условиях нам удалось обеспечить условия для регенерации раковины *C. aspersum*, в результате чего ювенильная улитка восстановила существенное повреждение устьевого края и достигла половой зрелости. Полностью сформированные дефинитивные признаки позволили подтвердить первоначальную идентификацию вида. При повторном обследовании территории парка санатория «Айвазовское» нам удалось обнаружить значительное количество взрослых особей, большинство из которых несли следы прижизненных повреждений раковины со следами заживления. Результаты нашего естественного эксперимента и проведённых наблюдений подтверждают существующую точку зрения на высокую способность инвазивного вида *C. aspersum* к регенерации повреждений раковины и иллюстрируют механизмы этой регенерации.

### Список литературы

- Леонов С. В. Инвазивный вид *Cornu aspersum* (Mollusca; Pulmonata) в Крыму: первая находка после 1909 года и некоторые соображения по поводу этого события // Экосистемы. – 2017. – Вып. 10 (40). – С. 42–51.
- Шилейко А. А. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea. Фауна СССР. – Т. 3, Вып. 6. – Л.: Наука, 1978. – 384 с.
- Campion M. The structure and function of the cutaneous glands in *Helix aspersa* // Journal of Microscopical Science. – 1961. – 102 (1). – P. 195–216.
- Fernández M. S., Valenzuela F., Arias J. I., Neira-Carrillo A., Arias J. L. Is the snail shell repair process really influenced by eggshell membranes as template of foreign scaffold? // Journal of Structural Biology. – 2016. – 196 (2). – P. 187–196.
- Lindholm W.A. Ein Beitrag zur Kenntniss der Molluskenfauna der Krim // Archiv für Molluskenkunde. – 1926. – B. 58. – S. 161–177.

Pollard E., Cooke A. S., Welch J. M. The use of shell features in age determination of juvenile and adult Roman snails *Helix pomatia* // J. Zool. – 1977. – Vol. 183. – P. 269–279.

Wagge L. E., Mittler T. Shell regeneration in some British molluscs // Nature, Lond. – 1953. – Vol. 171. – P. 528–529.

Wagge L. E. The Activity of Amoebocytes and of Alkaline Phosphatases during the Regeneration of the Shell in the Snail, *Helix aspersa* // Journal of Cell Science, 1951. – Vol. 92. – P. 307–321.

Yang S., Ni L., Zhao L., Yang J., Liu Q., Zhang J., He Z., Peng S. Repair process and enzymatic activity associated with induction of shell regeneration in the invasive species *Pomacea canaliculata* // Journal Molluscan Research. – 2016. – Vol. 36, Iss. 3. – P. 207–212.

**Leonov S. V. Shell regeneration of the *Cornu aspersum* (Mollusca; Pulmonata) from the park of the sanatorium «Aivazovskoe» (Partenit, Crimea, Russia) // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 45–52.**

It is shown that severely damaged juvenile snail *Cornu aspersum* Müller, 1774 shell (mouth part of the last whorl) was repaired in the terrarium in laboratory during five months period (from 27.06.2016 to 26.11.2016) and the snail reached maturity. Other examples of the shell damage of *C. aspersum* snails from the park and the mechanisms of its regeneration are considered.

Key words: *Cornu aspersum*, Crimea, repair, shell regeneration.

Поступила в редакцию 22.11.2017

УДК 582.711.712:635.935.792:631.526.3 (292.471)

## ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ И СОРТОВ САДОВЫХ РОЗ КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИМ. Н. В. БАГРОВА ТАВРИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ КРЫМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В. И. ВЕРНАДСКОГО

Городня Е. В.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым, Россия, e.gorodnyaya@yandex.ru

Приведены результаты изучения пыльцы двух аборигенных крымских видов (*Rosa rugmaea* Vieb., *Rosa spinosissima* L.), одной формы (*Rosa foetida* Herrm. var. *persiana* (Lem.) Rehd.) и 22 сортов роз из пяти садовых групп, с целью выделения наиболее перспективных для использования в последующей селекционной работе в качестве отцовских форм для создания отечественных сортов садовых роз. В результате, один аборигенный крымский вид (*R. spinosissima*), одна интродуцированная форма (*R. foetida* var. *persiana*) и 17 сортов роз, имеют высокие показатели жизнеспособности пыльцы и могут использоваться в дальнейшем селекционном процессе.

*Ключевые слова:* *Rosa rugmaea*, *Rosa spinosissima*, садовые розы, пыльца, селекция, Предгорный Крым.

### ВВЕДЕНИЕ

Розы представляют собой красивоцветущие декоративные кустарники, которые с давних времен широко используют в озеленении. По данным разных авторов род *Rosa* L. является одним из крупнейших в семействе Rosaceae Juss. и насчитывает от 138 до 400 видов и форм, а мировой сортимент, созданный на их основе, насчитывает более 40 тысяч сортов, относящихся к 39 садовым группам. Основные центры селекции расположены в Западной Европе и США, а также в Америке, Японии и Новой Зеландии (Бузунова, 2001; Русанов, 1956; Сааков, Риекста, 1973; Хржановский, 1958; Krussmann, 1974; Ross, 1991; Wissemann, 2003).

Несмотря на существующий большой ассортимент садовых роз, весьма актуальным является выведение новых отечественных сортов, приспособленных к почвенно-климатическим условиям данного региона и способных максимально проявлять здесь свои декоративные качества. В связи с этим, внедрение в селекционный процесс аборигенных видов, обладающих устойчивостью к условиям региона, грибным болезням, а также высокодекоративных сортов, позволит выделить качественно новый исходный материал для последующей селекционной работы.

Палиноморфологические исследования представителей рода *Rosa* в СССР изучала Н. И. Демченко (Демченко, 1967) (Одесский сельскохозяйственный институт), пыльцу эфиромасличных роз исследовали Е. Ф. Семенова, Л. Г. Назаренко, Л. А. Грищенко (Семенова и др., 1983; Семенова, Преснякова, 2014). З. К. Клименко, О. В. Ковда, А. И. Заиченко была установлена зависимость размера пыльцевых зерен от плоидности сорта (Клименко, 1971; Клименко и др., 1982).

Виды рода *Rosa* и сорта декоративных роз из разных садовых групп различаются по плоидности и составляют полиплоидный ряд от диплоидов ( $2n=14$ ) до октаплоидов ( $2n=56$ ). Все розы являются энтомофильными и анемофильными растениями (Ижевский, 1958; Клименко, 1971; Мизгирева, 1962).

С целью прогнозирования использования аборигенных крымских видов и интродуцированных сортов в селекции в условиях Предгорной зоны Крыма, нами было проведено изучение размеров и качества пыльцы представителей рода *Rosa* коллекции Ботанического сада им. Н. В. Багрова Таврической академии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (далее БС ТА КФУ).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследования были включены аборигенные крымские виды – *Rosa pygmaea* Bieb. и *R. spinosissima* L., интродуцированная форма – *R. foetida* Herrm. var. *persiana* (Lem.) Rehd.) и 22 сорта садовых роз, высокоперспективных для использования в озеленении региона (Городня, 2014) разной ploидности из 5 садовых групп: чайно-гибридной (чг) – 'Gloria Dei', 'Paradise', 'Black Baccara', 'Black Magic', 'Dolce Vita', 'Mascotte', 'Emmi', 'Sylvia'; флорибунда (фл) – 'Insel Mainau', 'Regensberg', 'Bella Rosa', 'Sun City', 'Lydia', 'Fire King'; миниатюрной (мин) – 'Lavender Meilandina', 'Maidy', 'Sunmaid'; полуплетистой (полуплт) – 'Grand Hotel', 'Meiland Decor Arlequin', 'Westerland', 'Херсонес' и плетистой (плт) – 'Albertine', 'New Dawn', 'Седая Дама'.

Сбор пыльцы производился в оптимальные сроки – в период массового цветения роз в мае – июне с растений коллекции БС ТА КФУ (Симферополь). Работа проводилась со свежесобраным материалом в течение 2009–2011 годов. Извлечённые из цветков пыльники подсушивались на пергаментной бумаге в комнатных условиях. Высыпавшаяся из пыльников пыльца окрашивалась и использовалась для изготовления временных препаратов по (Рыбакова, Смирнова, 1988). Измерения пыльцевых зерен проводили в 50-ти полях зрения с помощью микроскопа «Микмед-5» на увеличении 40×10.

Препараты для изучения морфологической выполненности пыльцы обрабатывались ацетокармином (Паушева, 1988). Морфологически нормальными считали выполненные пыльцевые зерна без видимых аномалий в структуре и окраске; стерильными – пыльцевые зерна с нарушениями структуры ядра и цитоплазмы и нарушениями окраски.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований было установлено, что пыльцевые зерна у изучаемых видов и сортов роз эллиптической формы, трех- или четырехбороздчатые, с гладкой оболочкой, но различаются по размерам и выполненности (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика пыльцы видов и сортов роз из разных садовых групп

Вид или сорт	Садовая группа	Средний размер полярной оси, мкм	Средний размер экваториальной оси, мкм	Жизнеспособность пыльцы, %	
1	2	3	4	5	
<i>R. spinosissima</i>		39,26±0,84	22,75±0,78	83,5	
<i>R. pygmaea</i>		40,17±0,44	19,18±0,47	88,0	
<i>R. foetida</i> var. <i>persiana</i>		32,83±1,07	18,29±0,62	62,6	
'Gloria Dei'	чг	43,00±0,66	22,07±0,57	67,5	
'Paradise'		39,85±0,78	19,30±0,59	52,1	
'Black Baccara'		37,02±0,91	21,24±0,57	63,2	
'Black Magic'		42,14±0,17	23,57±0,80	60,3	
'Dolce Vita'		43,44±0,70	20,52±0,89	51,7	
'Mascotte'		43,47±0,70	21,92±0,86	45,6	
'Emmi'		37,43±1,06	18,16±0,67	38,1	
'Sylvia'		40,86±0,64	20,24±0,45	56,5	
'Insel Mainau'		фл	37,02±0,56	20,12±0,53	59,6
'Regensberg'			41,75±0,68	19,16±0,46	62,2
'Bella Rosa'	38,22±0,63		17,62±0,49	61,3	
'Sun City'	40,27±0,48		20,95±0,57	56,2	
'Lydia'	36,25±0,69		18,88±0,46	50,7	
'Fire King'	37,82±0,64		18,72±0,57	55,2	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
'Meilland Decor Arlequin'	полуплт	42,78±0,79	20,12±0,58	60,7
'Westerland'		39,73±0,51	21,15±0,67	64,6
'Grand Hotel'		40,76±0,25	20,58±0,35	54,3
'Херсонес'		41,28±0,72	19,34±0,24	42,1
'Седая Дама'	плт	38,63±0,53	22,04±0,46	35,6
Albertine		40,33±0,57	22,51±0,48	58,7
New Dawn		43,52±0,61	19,8±0,54	60,4
'Lavender Meilandina'	мин	31,32±0,81	13,37±0,10	9,1
'Maidy'		23,40±0,71	12,73±0,76	11,8
'Sunmaid'		22,52±0,26	13,56±0,85	6,2

Были подтверждены данные Е. М. Кальвино о повышении количества пыльцевых зерен с четырьмя бороздками у тетраплоидных сортов по сравнению с диплоидными и триплоидными (Calvino, 1951).

Выявлено, что аборигенные крымские виды имеют довольно крупные пыльцевые зерна, которые различаются по форме и размерам. У *R. spinosissima* пыльца более округлая, имеет средний размер полярной оси  $39,26 \pm 0,84$  мкм и экваториального диаметра –  $22,75 \pm 0,78$  мкм, у *R. rugmaea* же пыльцевые зерна более удлиненные и имеют средние размеры полярной оси  $40,17 \pm 0,44$  мкм, экваториального диаметра –  $19,18 \pm 0,47$  мкм. Самые мелкие пыльцевые зерна у *R. foetida* var. *persiana* (средняя длина полярной оси  $32,83 \pm 1,07$  мкм, экваториальный диаметр –  $18,29 \pm 0,62$  мкм) (табл. 1).

В группе чайно-гибридных роз наиболее крупная пыльца выявлена у сортов 'Dolce Vita' и 'Mascotte' (средняя длина полярной оси  $43,44 \pm 0,70$  и  $43,47 \pm 0,70$  мкм, экваториальный диаметр –  $20,52 \pm 0,89$  и  $21,92 \pm 0,96$  мкм соответственно), а также у сорта 'Gloria Dei' (средняя длина полярной оси  $43,00 \pm 0,66$  мкм, экваториальный диаметр –  $22,07 \pm 0,57$  мкм) (рис. 1).

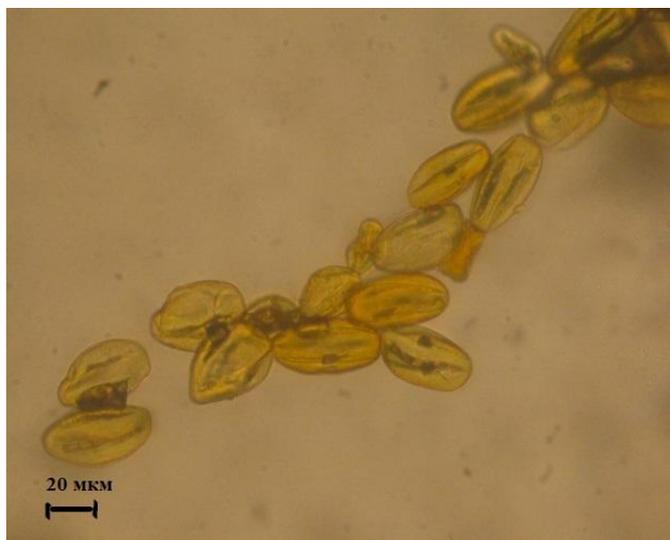


Рис 1. Пыльца сорта 'Gloria Dei' в растворе глицерина (40×10)

Аналогичные параметры пыльцевых зерен у этого сорта отмечены и в условиях Южного берега Крыма (Труханович, 2006).

Несколько меньшими размерами обладают тетраплоидные и триплоидные сорта из групп: флорибунда (от  $37,02$  мкм до  $41,75$  мкм), полуплетистых роз – от  $39,73$  мкм до

42,78 мкм. Самые мелкие пыльцевые зерна отмечены у сортов миниатюрных роз – от 22,52 мкм (у триплоидного сорта 'Sunmaid') до 31,32 мкм (у сорта 'Lavender Meilandina').

Установлено, что пыльцевые зерна у роз из садовых групп чайно-гибридной, флорибунда, полуплетистой, плетистой крупные и почти не различаются по размерам, а сорта миниатюрных роз имеют пыльцу значительно меньших размеров.

В результате проведенных исследований выявлено, что пыльца у видов и сортов роз различается при окрашивании ацетокарминовым методом, что в свою очередь говорит о различиях в качестве пыльцы этих сортов и видов. Большое количество морфологически нормальных (окрашенных) зерен у сорта дает нам возможность предположить более высокую оплодотворяющую способность пыльцы.

Проведенное исследование пыльцы показало, что содержание потенциально фертильных пыльцевых зерен колеблется в зависимости от сорта и его принадлежности к определенной садовой группе. У большинства сортов роз, за исключением миниатюрных, пыльцевые зерна были хорошо сформированы и достаточно четко окрашивались ацетокармином, хотя в каждой садовой группе имелись и сорта с аномальными пыльцевыми зернами (в частности это сорта-мутанты: чайно-гибридный сорт роз 'Emmi' и полуплетистый сорт 'Херсонес', полученные в результате мутагенных воздействий, а также сорт плетистой розы 'Седая Дама') (табл. 1). Данные о снижении жизнеспособности некоторых мутантных форм роз также указаны в работах К. И. Зыкова и З. К. Клименко (Зыков, Клименко, 1988).

В зависимости от сорта у чайно-гибридных роз процент окрашенных пыльцевых зерен составлял от 38 % у сорта 'Emmi' до 67 % у сорта 'Gloria Dei', в группе роз флорибунда от 51 % у сорта 'Lydia' до 61 % у сорта 'Regensberg', в группе плетистых роз от 36 % у сорта 'Седая Дама', до 60 % у сорта 'New Dawn', в группе полуплетистых роз от 42 % у сорта 'Херсонес' до 65 % у сорта 'Westerland'. Очень низкой жизнеспособностью пыльцевых зерен отличались сорта миниатюрных роз (максимум 12 % у сорта 'Maidy'). Показатели жизнеспособности пыльцы миниатюрных роз менее 10 % приведены и в работе В. К. Зыковой для Южного берега Крыма (Зыкова, 1997).

Низкая жизнеспособность пыльцы (менее 50 % выполненных и хорошо окрашенных пыльцевых зерен) была отмечена у 7 сортов садовых роз: 3 из группы миниатюрных ('Lavender Meilandina', 'Maidy', 'Sunmaid'), 2 чайно-гибридных ('Mascotte', 'Emmi') и по одному сорту из садовых групп плетистых ('Седая Дама') и полуплетистых ('Херсонес') роз.

Исследованные виды и сорта по степени морфологической выполненности можно разделить на две условные группы:

I – с низкой выполненностью (до 50 %);

II – с высокой выполненностью (от 50 до 90 %).

Низкая морфологическая выполненность, а как следствие, низкая жизнеспособность была отмечена у 7 сортов: 3 из группы миниатюрных ('Lavender Meilandina', 'Maidy', 'Sunmaid'), 2 чайно-гибридных ('Mascotte', 'Emmi') и по одному сорту из садовых групп плетистых ('Седая Дама') и полуплетистых ('Херсонес') роз.

Установлено, что высокой морфологической выполненностью пыльцы (более 50 %) и предположительно самой высокой ее жизнеспособностью обладает аборигенные крымские виды *R. rugosa* (88 %) и *R. spinosissima* (83,5 %) (рис. 2), интродуцированная форма *R. foetida* var. *persiana* и 17 сортов из 4 садовых групп: 6 из чайно-гибридной – 'Black Baccara', 'Black Magic', 'Gloria Dei', 'Dolce Vita', 'Paradise', 'Sylvia', 6 сортов из садовой группы флорибунда ('Bella Rosa', 'Insel Mainau', 'Regensberg', 'Fire King', 'Lydia', 'Sun City'), 3 сорта полуплетистых роз 'Meiland Decor Arlequin', 'Westerland', 'Grand Hotel' и 2 из группы плетистых роз ('Albertine', 'New Dawn').



Рис. 2. Пыльца *Rosa spinosissima* в растворе ацетокармина (40×10)

## ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенного анализа морфометрических характеристик пыльцевых зерен и жизнеспособности пыльцы показаны их различия в зависимости от плоидности сорта: у тетраплоидных сортов пыльцевые зерна крупнее, чем у триплоидных, а сорта миниатюрных роз имеют пыльцевые зерна значительно меньших размеров. Выделены 2 аборигенных крымских вида (*R. spinosissima* и *R. pygmaea*), одна интродуцированная форма (*R. foetida* var. *persiana*) и 17 сортов садовых роз, имеющие высокие показатели жизнеспособности пыльцы. Эти виды и сорта могут рекомендоваться в качестве доноров пыльцы при гибридизации роз.

*Исследования проведены в соответствии с госзаданием Министерства образования и науки РФ с госбюджетным финансированием по теме № 6.7794.2017/БЧ «Разработка системы рационального использования декоративных фитобиологических ресурсов на территории Крыма».*

## Список литературы

- Бузунова И. О. Роза, шиповник – *Rosa* L. Флора Восточной Европы / ред. Н. Н. Цвелев. – СПб, 2001. – Т. 10. – С. 329–361.
- Городняя Е. В. Перспективный сортимент роз для использования в озеленении и селекции в условиях Предгорной зоны Крыма // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – 2014. – Т. 27 (66), № 5. – С. 29–37.
- Демченко Н. И. Палинологические данные к систематике и филогении розоцветных: автореф. дис. ... на соиск. учен. степени канд. биол. наук / Н. И. Демченко. – Одесса, 1967. – 23 с.
- Зыков К. И., Клименко З. К. Исследования жизнеспособности пыльцы мутантных форм роз // Бюллетень Гос. Никит. ботан. сада. – 1988. – Вып. 65. – С. 97–102.
- Зыкова В. К. Биоморфологические особенности пыльцы миниатюрных роз в связи с селекцией // Проблемы дендрологии, цветоводства, плодородства: Материалы V межд. науч. конференции (Ялта, 6-10 октября 1997 г.). – Ялта, 1997. – С. 40–42.
- Ижевский С. А. Розы. – М.: Сельхозгиз, – 1958. – 336 с.
- Клименко З. К. Биологические особенности и селекция роз группы флорибунда в Крыму: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук / З. К. Клименко. – Ялта, 1971. – 24 с.
- Клименко З. К., Ковда О. В., Заиченко А. И. Морфобиологические особенности пыльцы садовых роз в условиях Южного берега Крыма // Цитолого-эмбриологические и генетико-биохимические основы опыления и оплодотворения растений: Материалы Всесоюзного совещания. – К.: Наукова думка, 1982. – С. 302–304.
- Мизгирева О. Ф. Особенности плодоношения и семенного размножения роз // Тр. Туркм. опыт. станции ВИРА, 1962. – Вып. 3. – С. 326–347.
- Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / М.: ВО Агропромиздат, – 1988. – 271 с.
- Русанов Н. Ф. Метод родовых комплексов в интродукции растений и его дальнейшее развитие // Бюл. Глав. ботан. сада АН СССР, 1956. – Вып. 7. – С. 31–36.

- Рыбакова Н. О., Смирнова С. Б. Основы палинологии / – М.: МГУ, – 1988. – 99 с.
- Сааков С. Г., Риекста Д. А. Розы / Рига: Зинатие. – 1973. – 359 с.
- Семенова Е. Ф., Назаренко Л. Г., Грищенко Л. А. Некоторые морфобиологические особенности пыльцы эфиромасличной розы // Развитие мужской генеративной сферы (морфобиологические аспекты) : мат. всесоюз. семинара (26-28 апреля 1983 г.). – Симферополь, – 1983. – С. 81–82.
- Семенова Е. Ф., Преснякова Е. В. Сравнительное исследование биологии опыления и оплодотворения видов и форм розы эфиромасличной // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион, 2014. – № 2. – С. 18–28.
- Труханович Л. Н. Морфо-биологические особенности пыльцы некоторых сортов чайно-гибридных роз в условиях Южного берега Крыма // Бюл. ГНБС. – Ялта, 2006. – № 92. – С. 15–17.
- Хржановский В. Г. Розы. Филогения и систематика. Спонтанные виды Европейской части СССР, Крыма и Кавказа. Опыт и перспективы использования. / М.: Советская наука, – 1958. – 476 с.
- Calvino E. M. Recerche sul polline del genere *Rosa* / Ann. speriment. arg. – 1951. – Vol. 5. – N 2. – P. 25–30.
- Krussmann G. Rosen, Rosen, Rosen. – Berlin, Hamburg: Perey, 1974. – 447 p.
- Phillips R. *Roses* // Random House, 1988. – 224 p.
- Ross D. *The Ross guide to rose growing* // Lothian Publishing Company Pty Ltd., Port Melbourne: Victoria, 1991. – 117 p.
- Wissemann V. *Conventional taxonomy of wild roses* / London: Academic Press, 2003. – P. 111–117.

**Gorodnyaya E. V. Palynological features of some species and varieties of garden roses from a collection of N. V. Bagrov Botanic garden Taurida Academy Crimean federal V. I. Vernadsky University // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 53–58.**

Results of study on pollen (*Rosa pygmaea* Bieb., *Rosa spinosissima* L.), 1 form (*Rosa foetida* Herrm. var. *persiana* (Lem.) Rehd.) and 22 varieties of roses from 5 garden groups, with the most promising identifying for use in further breeding work as paternal forms for breeding of domestic varieties of garden roses. As result 1 indigenous Crimean species (*R. spinosissima*), 1 introduction form (*R. foetida* var. *persiana*) and 17 varieties of garden roses have a high viability of pollen and can be used in further selection process.

**Keywords:** *Rosa pygmaea*, *Rosa spinosissima*, garden roses, pollen, breeding, foothill zone of Crimea.

Поступила в редакцию 15.09.2017

УДК 661.162.66:581.14

## ВЛИЯНИЕ ЭПИБРАССИНОЛИДА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОРОСТКОВ *ZEA MAYS* К ВЫСОКИМ КОНЦЕНТРАЦИЯМ СУЛЬФАТА МЕДИ

Решетник Г. В.

Таврическая академия Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, Симферополь,  
Республика Крым, Россия, [reshetnikgv@gmail.com](mailto:reshetnikgv@gmail.com)

Приводятся результаты исследований влияния синтетического стимулятора роста Эпин экстра на морфометрические и динамические показатели проростков кукурузы сорта Кладно на фоне действия различных концентраций сульфата меди в среде произрастания. Показано, что синтетический эпибрасинолид оказал положительное воздействие на прорастание семян и рост *Zea mays* L. на ранних этапах онтогенеза в условиях негативного воздействия тяжелого металла. Наиболее эффективная концентрация препарата становила 0,075 %, а время экспозиции предпосевной обработки семян составляло 24 часа. Высота проростков под действием препарата увеличивается в среднем на 45 %, масса сырого и сухого вещества – на 18 % и 13 % соответственно, митотический индекс меристематических клеток апикальной меристемы корня увеличивается на 33 % в вариантах опыта с максимальной концентрацией сульфата меди.

*Ключевые слова:* препарат Эпин экстра, предпосевная обработка семян, прорастание семян, проростки кукурузы, морфометрические показатели, сульфат меди.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время растения подвергаются нарастающему воздействию абиотических и антропогенных неблагоприятных факторов среды. Среди них засуха, низкая и высокая температура, засоление, высокие концентрации тяжелых металлов и ксенобиотиков. При концентрациях, превышающих физиологические потребности растений, поллютанты оказывают токсическое действие на их рост и развитие (Башмаков, Лукаткин, 2009).

Особый интерес исследователей привлекают так называемые эссенциальные элементы. Под этим термином понимают группу тяжелых металлов, которые в следовых количествах необходимы для метаболизма, роста и развития растений, тогда как в высоких концентрациях они токсичны для живых организмов (Полынов, 1993; Куликова и др., 2011). К такому типу металлов принадлежат медь и цинк, которые проявляют высокую степень токсичности и биологической активности. Медь – один из важнейших эссенциальных микроэлементов, является кофактором ряда ферментов, вовлекается в процессы фотосинтеза и дыхания, защищает растения от окислительного стресса (Hall, 2002; Лукаткин, 2005).

Незначительное повышение активности меди в среде может приводить к морфологическим и метаболическим нарушениям и поэтому рассматривается как стрессовый фактор (Косицин, Алексеева-Попова, 1983). Для большинства высших растений граница толерантности к меди составляет 10–6 моль  $\text{Cu}^{2+}$ /л. Под действием избытка меди снижается уровень биосинтеза хлорофилла, изменяется белковый состав хлоропластов, ингибируется транспорт электронов по фотосинтетической цепи. Особенно восприимчивы к избытку меди молодые ткани и органы (Полынов, 1993; Демидчик и др., 2001; Лукаткин, 2005).

Кукуруза – одна из основных культур современного мирового земледелия, культура разностороннего использования и высокой урожайности. На продовольствие в странах мира используется около 20 % зерна кукурузы, на технические цели – 15–20 % и примерно  $\frac{2}{3}$  – на корм (Вавилов, 1986).

Для ослабления отрицательных влияний неблагоприятных факторов окружающей среды на рост и развитие сельскохозяйственных культур используют биологически активные вещества, в том числе регуляторы роста растений. Особого внимания заслуживает изучение роли брасиностероидов. Особого внимания заслуживает изучение роли брасиностероидов. Несмотря на исследования антистрессового действия брасиностероидов, нет четкого представления об оптимальных концентрациях препаратов для обработки разных видов растений на фоне различных стрессирующих факторов.

В связи с этим целью работы было изучение действия препарата Эпин экстра на устойчивость к сульфату меди молодых растений кукурузы. Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить оптимальную дозу препарата Эпин экстра;
2. Изучить физиологический эффект синтетического brassinosteroida на ранних этапах развития кукурузы на фоне действия сульфата меди.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования использовались семена и проростки кукурузы (*Zea mays* L.) сорта Кладио. В качестве регулятора роста растений использовали синтетический brassinolid – препарат Эпин экстра, регулятор и адаптоген широкого спектра действия, который обладает сильным антистрессовым действием. Препарат фирмы НЭСТ-М, автор Н. Н. Малеванная (2007).

С целью определения оптимальной концентрации препарата семена отбирались по средним размерам, протравливались в 1 % растворе перманганата калия и проращивались в водных растворах препарата Эпин экстра различной концентрации (0,025 %, 0,05 %, 0,075 %, 0,100 %) в кюветах на фильтровальной бумаге. Семена, что проращивались на водопроводной отстоянной воде, служили контролем. Затем кюветы помещались в термостат типа ТС-80-М-2 для проращивания в темноте при +25 °С.

Для изучения влияния препарата Эпин на устойчивость кукурузы к сульфату меди, предварительно обработанные 0,075 % раствором препарата Эпин экстра семена кукурузы проращивали в возрастающих концентрациях сульфата меди (25–100 мМ). Согласно ГОСТу 12038-84 (1986) энергию прорастания определяли на 4-е сутки, а лабораторную всхожесть – на 7-е. Проростки выращивали в водной культуре ( $1/2$  среда Кнопа) с добавлением различных концентраций (25–100 мМ) сульфата меди. Каждые 7 суток роста проростков в водной культуре снимали ростовые показатели (высота стебля, длина корневой системы), определяли массу сырого и сухого вещества по общепринятым в физиологии растений методам (Третьяков и др., 1990; Чмелёва и др., 2013). Особенности цитотоксического действия исследуемого стрессового фактора – влияние сульфата меди на рост меристематических клеток корней кукурузы оценивали за изменениями митотического индекса, индекса аббераций на временных давленных препаратах по З. П. Паушевой (1988). Статистическую обработку полученных данных осуществляли, рассчитывая среднюю арифметическую и стандартную ошибку средней арифметической (Лакин, 1990).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Применение концентраций препарата Эпин экстра разными авторами варьирует в зависимости как для разных видов растений, так и для стрессирующих воздействий (Лукаткин и др., 2013). Поэтому на первом этапе исследовательской работы определяли физиологически активное разведение препарата Эпин экстра для стимуляции прорастания семян кукурузы и экспозицию предпосевной обработки семян кукурузы. В ходе эксперимента определили, что оптимальной концентрацией для семян кукурузы сорта Кладио является 0,075 % водный раствор препарата Эпин экстра, а время замачивания семян для предпосевной обработки составляет 24 часа. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян повысились в среднем на 10–9 %, соответственно по сравнению с контролем. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Влияние препарата Эпин экстра на энергию прорастания и всхожесть семян кукурузы сорта  
Кладио

Вариант опыта	Энергия прорастания, % ( $x \pm S_x$ )	Доля к контролю, %	Всхожесть, % ( $x \pm S_x$ )	Доля к контролю, %
Контроль	86,0 $\pm$ 0,5	100,0	90,0 $\pm$ 0,3	100,0
Эпин экстра 0,025 %	87,0 $\pm$ 0,3	101,2	91,0 $\pm$ 0,5	101,1
Эпин экстра 0,05 %	89,0 $\pm$ 0,5	103,5	92,0 $\pm$ 0,5	102,2
Эпин экстра 0,075 %	95,0 $\pm$ 0,4	110,5	98,0 $\pm$ 0,3	108,9
Эпин экстра 0,100 %	88,0 $\pm$ 0,4	102,5	94,0 $\pm$ 0,3	104,4

В основе активации процессов роста растительного организма на органном уровне лежит стимуляция процессов клеточного роста, составной частью которой является митотическая активность меристем. Для объяснения процессов прорастания семян, обработанных препаратом Эпин экстра, и роста проростков на фоне действия различных концентраций сульфата меди, нами были определены митотический индекс ядер апикальных корневых меристем. При 100мМ концентрации сульфата меди наблюдалось ингибирование роста корневой системы растений. В некоторых случаях отмечали почернение меристематических участков корней, что свидетельствует о некрозе клеток меристемы. При максимальной концентрации  $\text{CuSO}_4$  митотический индекс составлял 3,02 %. В этом же варианте, но с предпосевной обработкой семян препаратом, значение равнялось 4,04 %, увеличивая митотический индекс на 33 %.

Предпосевная обработка семян в 0,075 % растворе препарата Эпин экстра имела положительный эффект на морфометрические показатели проростков кукурузы на фоне действия сернистой меди (табл. 2).

Во всех вариантах опыта наблюдается стимулирующее действие препарата. Для 7-суточных проростков при минимальных концентрациях металла в среде (25–50мМ) увеличение надземной части достоверно не отличалась от вариантов опыта, где количество сульфата меди составляет 100 мМ. Высота проростков в данном варианте под действием препарата увеличивается в среднем на 45 % и составляет 12,8 см против 8,8 см без обработки семян. Как свидетельствуют данные таблицы 2, стимулирующий эффект препарата Эпин экстра сохраняется и для 14-ти суточных растений. Во всех вариантах опыта наблюдается увеличение морфометрических показателей, особенно в варианте с максимальным количеством металла, где высота растений увеличивается в среднем на 6 см.

Процессы роста, которые отражают общие функциональные изменения и метаболические изменения в растениях наиболее коррелируют с ходом накопления массы сырого и сухого вещества. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Максимальное накопление массы сырого вещества надземной частью растений кукурузы происходило в варианте с максимальной концентрацией сульфата меди. Препарат Эпин экстра стимулировал рост растений, соответственно увеличивалась биомасса. Действие 24-эписульфата нивелировало токсическое влияние сульфата меди, так сырая масса 14-ти дневных растений составляла 10,2 г, что на 18 % выше сырой массы, выращенных в 100мМ растворе сульфата меди. В контрольном варианте (семена, обработанные препаратом) масса сырого вещества надземной части растений составляла 10,4 г, так, как и в варианте 100мМ  $\text{CuSO}_4$ , что подтверждает антистрессовое действие препарата Эпин экстра на токсическое действие тяжелого металла. Предпосевная обработка семян препаратом снимает токсическое действие тяжелого металла, так как показатели варианта опыта 100мМ  $\text{CuSO}_4$  приблизительно равняются показателям контроля 2 (предпосевная обработка семян препаратом).

Таблица 2

Влияние препарата Эпин экстра на морфометрические показатели растений кукурузы на фоне действия сульфата меди

Варианты опыта	Высота надземной части, см ( $\bar{x} \pm S_x$ )		Длина корневой системы, см ( $\bar{x} \pm S_x$ )	
	7-е сутки	14-е сутки	7-е сутки	14-е сутки
Контроль (вода)	11,3±0,1	22,4±0,4	9,2±0,2	12,0±0,1
Контроль + Эпин экстра	12,3±0,2	25,5±0,4	9,8±0,2	13,0±0,3±
25 мМ CuSO <sub>4</sub>	16,8 ±0,9	29,2±0,7	13,3±0,7	15,2±0,5
25 мМ CuSO <sub>4</sub> + Эпин экстра	17,9±0,4	30,1±0,9	14,2±0,8	16,5±0,8
50 мМ CuSO <sub>4</sub>	13,1±0,7	24,1±0,8	8,5±0,9	13,2±0,8
50 мМ CuSO <sub>4</sub> + Эпин экстра	14,1±1,1	28,2±0,9	12,5±0,6	14,8±1,2
100 мМ CuSO <sub>4</sub>	8,8±0,9	20,2±0,8	6,7±1,1	9,3±0,9
100 мМ CuSO <sub>4</sub> + Эпин экстра	12,8±0,9	26,2±1,2	10,1±0,8	13,3±0,7

Таблица 3

Влияние препарата Эпин экстра на накопление массы сырого вещества кукурузы на фоне действия сульфата меди

Варианты опыта	Масса сырого вещества, г ( $\bar{x} \pm S_x$ )			
	Надземная часть		Подземная часть	
	7-е сутки	14-е сутки	7-е сутки	14-е сутки
1	2	3	4	5
Контроль (вода)	6,11 ±0,01	10,11 ±0,06	2,800 ±,05	3,10 ±0,05
Контроль + Эпин экстра	6,49 ±0,01	10,40 ±0,05	2,90 ±0,05	3,30 ±0,05
25 мМ CuSO <sub>4</sub>	7,37 ±0,01	11,59 ±0,04	3,58 ±0,06	5,45 ±0,003
25 мМ CuSO <sub>4</sub> + Эпин экстра	7,89±0,02	13,41 ±0,12	2,76 ±0,12	4,88 ±0,15
50 мМ CuSO <sub>4</sub>	6,24 ±0,07	10,11 ±0,03	2,45 ±,02	3,58 ±0,010
50 мМ CuSO <sub>4</sub> + Эпин экстра	7,89 ±0,02	13,41 ±0,12	2,67 ±0,22	3,86 ±0,12
100 мМ CuSO <sub>4</sub>	5,37 ±0,08	8,58 ±0,03	1,40 ±0,002	2,54 ±0,07
100 мМ CuSO <sub>4</sub> + Эпин экстра	6,26 ±0,02	10,19±0,16	1,96 ±0,28	3,01 ±0,14

Таким образом, полученные результаты достоверно показывают эффективность воздействия препарата Эпин экстра на процессы прорастания семян, рост и развитие ювенильных растений кукурузы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В нашей работе было проведено комплексное исследование влияния предпосевной обработки семян кукурузы препаратом Эпин экстра, который входит в число самых активных представителей брассиностероидов, на ростовые показатели, физиолого-биохимические процессы на фоне действия сульфата меди. Было выявлено, что применение препарата Эпин экстра оказывает положительное воздействие на морфометрические и динамические показатели проростков кукурузы, вызывает стимуляцию ростовых процессов. Максимальные концентрации металла в среде ингибировали рост растений, величину накопления массы сырого и сухого вещества, влияли на митотический индекс меристематических клеток апекса корня. Предобработка препаратом Эпин экстра снижала степень влияния повреждающего действия сульфата меди, увеличивая ростовые показатели растений кукурузы, активируя физиолого-биохимические процессы в клетке, повышая митотический индекс. Препарат Эпин экстра оказывает защитный эффект на растения кукурузы на фоне действия ионов меди и может быть рекомендован к использованию в целях повышения металлоустойчивости растительных организмов.

## Список литературы

- Башмаков Д. И., Лукаткин А. С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений. – Саранск: изд-во Мордовского ун-та, 2009. – 236 с.
- Вавилов П. П. Растениеводство. М.: Агропромиздат, 1986. – 495 с.
- ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 29 с.
- Демидчик В. В., Соколик А. И., Юрин В. М. Токсичность избытка меди и толерантность к нему растений // Успехи современной биологии. 2001. – Т. 121, № 5. – С. 511–525.
- Косицин А. В., Алексеева-Попова Н. В. Растения в экстремальных условиях минерального питания. Эколого-физиологические исследования. Л.: Наука, 1983. – С. 5–22.
- Куликова А. Л., Кузнецова Н. А., Холодова В. П. Влияние избыточного содержания меди в среде на жизнеспособность и морфологию корней сои // Физиология растений. – 2011. – Т. 58, № 5. – С. 719–727.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – 350 с.
- Лукаткин А. С., Каштанова Н. Н., Духовский П. Влияние эпибрасинолида на термоустойчивость проростков кукурузы // Агрехимия. – 2013. – № 6. – С. 24–31.
- Лукаткин А. С. Избранные главы экологической физиологии растений. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – 88 с.
- Малеванная, Н. Н. Брассиностероиды – новый класс фитогормонов плейотропного действия // Полифункциональность действия брассиностероидов: Сб. науч. трудов. – М.: «НЭСТ М», 2007. – С. 5–77.
- Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1988. – 255 с.
- Польнов В. А. Действие низких концентраций меди на фотоингибирование фотосистемы II у *Chlorella vulgaris* // Физиология растений. – 1993. – № 5. – С. 754–757.
- Чмелева С. И., Решетник Г. В., Кучер Е. Н. Методические материалы и задания для проведения лабораторного практикума по курсу «Физиология и биохимия растений». – Симферополь, 2013. – 77 с.
- Третьяков Н. Н., Карнаухова Т. В., Паничкин Л. А. Практикум по физиологии растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
- Hall J. L. Cellular Mechanisms for Heavy Metal Detoxification and Tolerance // J. Exp. Bot. – 2002. – V. 53. – P. 1–11.

**Reshetnik G.V. The influence of epibrassinolide on the stability of *Zea mays* seedlings to high concentrations of copper sulphate // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 59–63.**

The results of studies are presented of the influence of *Epin Extra*, a synthetic growth stimulator, on the morphometric and dynamic indices of maize seedlings of the *Cladio* sort against the background of the action of various concentrations of copper sulfate in the growing medium. It was shown that synthetic epibrassinolide had a positive effect on germination of seeds and growth of *Zea mays* L. in the early stages of ontogenesis under conditions of negative influence of heavy metal. The most effective concentration of the preparation was 0,075 %, and the presowing seed treatment time was 24 hours. The height of sprouts under the action of the preparation increases by an average of 45 %, the mass of wet and dry matter – by 18 % and 13%, respectively, the mitotic index of meristematic cells of the apical root meristem increases by 33% in trial versions with a maximum concentration of copper sulfate.

*Key words:* *Epin Extra* preparation, presowing seed treatment, germination of seeds, corn seedlings, morphometric parameters, copper sulfate.

Поступила в редакцию 15 09.17

УДК 574.589:504.75.06

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТИЛИГУЛЬСКОГО ЛИМАНА И ЕГО РЕКРЕАЦИОННЫХ УЧАСТКОВ

*Байрактар В. Н.<sup>1</sup>, Полукарлова Л. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, Одесса, Украина, vogadro2007@gmail.com*

<sup>2</sup> *Университетская клиника Одесского национального медицинского университета, Одесса, Украина, polukarova64@rambler.ru*

Представлены результаты наблюдений за изменением экологического состояния Тилигульского лимана за последние 5 лет. За период наблюдений соленость воды увеличилась с 18–21 до 33,8 ‰. Причина повышения солености – отсутствие поступления воды из Черного моря в лиман. Устранить проблему засоления и обмеления лимана можно, возобновив работу соединительного канала между Черным морем и Тилигульским лиманом. Это поможет заполнить высушенные прибрежные территории морской водой и понизить соленость воды в лимане.

*Ключевые слова:* испарение, водное зеркало, экология, макрофиты, соленость, Тилигульский лиман.

### ВВЕДЕНИЕ

Тилигульский лиман расположен на границе Одесской и Николаевской областей Украины на побережье Черного моря. Длина лимана 80 км, ширина – 0,2–3,5 км, глубина – до 19 м. Площадь лимана составляет около 170 км<sup>2</sup>. Лиман отделен от моря пересыпью шириной около 4 км, и длиной до 7 км. На восточном и западном берегах лимана расположены два одноимённых региональных ландшафтных парка – Тилигульский региональный ландшафтный парк (Одесская обл.) и Тилигульский региональный ландшафтный парк (Николаевская обл.). Тилигульский лиман входит в международный список водоёмов Рамсарской конвенции о защите водно-болотных угодий. Лиман отделен от Черного моря дамбой и по своим природно-климатическим свойствам представляет уникальную территорию. Назначение обоих ландшафтных парков Одесской и Николаевской частей лимана – сохранение биоразнообразия, поддержание условий существования своеобразных фито- и зооценозов лимана.

Тилигульский лиман соединяется с Черным морем посредством искусственного мелководного канала, который в прошлые годы наполнял его морской водой и таким путем поддерживал его водный баланс. В настоящее время канал уже несколько лет не функционирует и морская вода в лиман не попадает. Несмотря на то, что в настоящее время соленость воды в лимане выросла, он обладает значительными рекреационными ресурсами. Рекреационные участки представляют особый интерес для туризма, рыболовства, солнечных и водных процедур, грязевых лечебных аппликаций. На территории регионального ландшафтного парка «Тилигульский» выделено пять рекреационных прибрежных участков: «Ташинский», «Атаманская коса», «Анатолевка», «Украинка» и «Коблево». Биоразнообразие макрофитов и их биохимические свойства послужили предметом специального изучения (Байрактар и др., 2012, Bayraktar и др., 2013).

Гидролого-морфологические свойства Тилигульского лимана, определяющие его природную устойчивость к антропогенному воздействию и оценка антропогенной нагрузки на экосистему изучена Е. В. Соколовым (2014), который пришел к выводу, что гидрологический режим лимана существенно нарушен вследствие нерациональной хозяйственной деятельности на водосборной площади. Анализ антропогенной освоенности водосборной площади выявил значительные преобразования естественных ландшафтов вокруг лимана. Интенсивная деятельность человека привела к хозяйственному освоению побережья лимана почти до уреза воды.

По имеющимся данным вода в части Тилигульского лимана южнее узости в районе сел Калиновка и Прогрессовка является более соленой, а севернее – более опресненной. К 2017 году северная часть лимана в районе села Таневка Березовского района Одесской области пересохла, и на месте некогда водной акватории лимана сейчас располагаются распаханное

земли. Полное высыхание участка лимана наблюдается вплоть до села Златоусово Березовского района Одесской области. Тут берет свое начало мелководная акватория. Прибрежные акватории у села Курисово Лиманского района сплошным покровом заросли зелеными видами макрофитов (*Ulva rigida* и другие).

Специальными исследованиями (Тучковенко и др., 2015) установлено, что современный гидрохимический режим Тилигульского лимана в значительной степени определяется особенностями формирования его водного баланса. В ходе исследований солености воды в 2015–2016 годах (Шуйский и др., 2016) было установлено, что сток малых рек Царега, Балайчук, Отрадная, Ранжевка, Малый Царегол, Большой Царегол и других почти полностью прекратился. Сток реки Тилигул сильно нарушен созданием прудов, уничтожением пойменной растительности и распашкой поймы. На соленость воды в лимане оказывает влияние не только водный баланс, но и изменения климата в целом на северном побережье Черного моря (Шуйский и др., 2015). Повышение солености воды в Тилигульском лимане негативно влияет на макрофиты, достаточно большое разнообразие которых наблюдалось в прошлые годы (Ткаченко и др. 2002). Те виды макрофитов, которые смогли адаптироваться к высокой солености воды, выжили, а те из них, которые не смогли приспособиться к новым условиям обитания при высокой солености воды, сократили свою численность.

Использование рекреационных участков Тилигульского лимана, как и ресурсов, обладающих лечебными и минеральными свойствами, требует регулярных исследований свойств воды, в частности, ее солености, поскольку соленость является индикатором общего состояния лимана и существенно влияет на его флору и фауну.

Цель работы – оценить экологическое состояние Тилигульского лимана и его рекреационных участков, основываясь на показателях солености воды и концентрации в ней макро и микроэлементов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Определение солености воды из прибрежных акваторий Тилигульского лимана производилось на глубине  $\geq 0,5$  метров от поверхности воды с использованием батометра. Измерение плотности воды проводили, используя ареометр АОН-2 по ГОСТ 18481-81 (изготовлен ПАО Стеклоприбор). Диапазон измерений ареометра – 1000–1080 кг/м<sup>3</sup>. После замера плотности воды вводилась поправка на температуру воды (для приведения значений к 20 °С). Это позволяло перейти к значению суммарной солености в каждой пробе, которую устанавливали по таблице Дитмара. В отобранных пробах воды определяли концентрацию макро и микроэлементов: калий, натрий, кальций, фосфор, магний, железо, хлориды. Пробы макрофитов собирали в прибрежных акваториях лимана, после чего определяли их видовую принадлежность. Для этого использовали Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР (Зинова, 1967) и определитель Ф. П. Ткаченко (2011). Биохимическим анализатором Respons – 920 (DiaSys GmbH, Germany) определяли концентрацию макро и микроэлементов у макрофитов. Для постановки реакции использовали специфические наборы реагентов, производимые BioSystems Company (S.A. Costa Brava, Spain). Для количественного определения калия и натрия использовали биохимический анализатор Ilyte Na/K с ионселективным блоком, произведенным Instrumentation Laboratory Inc., Bedford, MA, USA.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В зимнее время, когда выпадает снег, а затем в короткие сроки происходит его таяние, талая вода поступает в лиман, тем самым пополняя его водные запасы. В весенний период лиман пополняет свои водные запасы за счет выпадающих осадков. Однако объем воды, поступающей таким путем в лиман, меньше того объема, который под воздействием солнца испаряется с поверхности водного зеркала. Учитывая, что Тилигульский лиман уже

несколько лет не питается морской водой из Черного моря, общий объем воды в нем постоянно снижается, а уровень воды падает.

Проведенные сезонные исследования солености воды в Тилигульском лимане показывают, что наибольшая соленость воды приходится на вторую половину лета и осень. Зимой и весной поступление в лиман осадков больше, поэтому его вода, смешиваясь с пресной дождевой водой, на некоторое время незначительно снижает соленость.

Изменение солености воды по отдельным рекреационным участкам лимана в течение ряда сезонов, начиная с зимы 2016 года по осень 2017 года, представлена в таблице 1.

Таблица 1

Соленость воды в различных участках Тилигульского лимана  
(зима 2016 – осень 2017)

Время взятия проб	Соленость воды на отдельных участках, ‰				
	Коблево	Украинка	Анатолевка	Атаманская коса	Ташино
Зима, 2016	22,83	21,62	23,71	24,37	22,38
Весна, 2017	24,62	24,65	24,80	24,73	24,61
Лето, 2017	30,24	31,72	30,68	31,20	34,07
Осень, 2017	30,65	31,47	30,97	33,26	32,21

Исследование солености воды в прибрежных акваториях вблизи рекреационных участков подтверждает, что существует зависимость солености воды от поступления в Тилигульский лиман осадков в виде дождей и снега в различные сезоны года.

Потеря связи лимана с Черным морем приводит к тому, что соленость водоема неуклонно растет. К осени 2017 года соленость воды в некоторых участках его акватории достигла 34 ‰. Такое экологическое состояние Тилигульского лимана требует принятия безотлагательных мер по восстановлению канала, соединяющего его с Черным морем. Поступление в лиман морской воды позволит восстановить его водный баланс, значительно понизит соленость воды и восстановит прежнее экологическое состояние биоценозов.

Анализ проб воды из разных рекреационных участков прибрежных акваторий Тилигульского лимана выявил определенные различия в концентрации макро и микроэлементов между ними. Результаты этих исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Концентрация макро и микроэлементов в пробах воды рекреационных участков Тилигульского лимана в 2013 году

Показатели	Концентрация макро и микроэлементов по участкам, mmol/L ( $\bar{x} \pm S_x$ )				
	Коблево	Украинка	Анатолевка	Атаманская коса	Ташино
Калий	6,57±0,05	6,48±0,07	6,40±0,17	6,96±0,31	5,47±0,12
Натрий	304,1±0,23	308,2±0,72	302,5±0,98	316,8±1,33	262,3±4,33
Кальций	4,07±0,08	3,82±0,17	3,23±0,15	3,0±0,23	3,1±0,11
Фосфор	0,02±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,02±0,002
Магний	3,59±0,18	3,74±0,12	3,51±0,10	3,45±0,13	3,64±0,1
Железо	0,8±0,01	0,7±0,09	0,6±0,03	0,7±0,03	0,9±0,03
Хлориды	229,4±4,49	235,5±7,42	234,3±5,38	234,9±2,83	205,1±3,54

Тилигульский лиман относится к солоноватоводным лиманам, это учитывалось нами при определении концентрации натрия и хлоридов, которая прямо пропорциональна степени солености воды.

В 2013 году в начале проведения наших исследований, соленость воды не превышала 18–21 ‰. Пробы воды исследовали по концентрации макро и микроэлементов. Было

установлено, что концентрация натрия в различных участках ТЛ колеблется от 262 до 304 mmol/L, а концентрация хлоридов – от 205 до 235 mmol/L. Поскольку концентрация натрия и хлоридов представляют собой компоненты солености воды, эти биохимические показатели были взяты за основу определения солености. Исследования показали, что в прибрежных водах в районе рекреационных участков концентрация фосфора низкая – 0,01–0,02 mmol/L, а показатели натрия, магния и калия высокие.

Биоразнообразие макрофитов ТЛ представлено зелеными, красными и бурными видами. Зеленые виды: *Rhizoclonium tortuosum* (Dillwyn) Kützing 1845), *Ulva rigida* (C.Agardh 1823), *Ulva compressa* (Linnaeus, 1753), *Ulva prolifera* Kraft, 2007, *Ulva clathrata* (Roth) C.Agardh 1811), *Ulva intestinalis* (Linnaeus, 1753), *Cladophora sericea* (Hudson, Kützing 1843), *Cladophora laetevirens* ((Dillwyn) Kützing, 1843). Красные виды: *Polysiphonia elongata* ((Hudson) Sprengel, 1827), *Polysiphonia sanguinea* ((C.Agardh), Zanardini, 1840), *Chondria capillaris* (Hudson) M.J.Wynne (1991). Бурый вид: *Cystoseira barbata* (C. Agardh, 1820). Часто встречается водная трава *Zostera nolte*, (Hornemann, 1832).

Вдоль береговой линии Тилигульского лимана расположен общезоологический заказник «Коса стрелка», где обитают зайцы, лисы и разные виды птиц. Кроме того, лиман обладает большими запасами лечебной сероводородной грязи, что способствует развитию туризма в регионе.

Орнитологический заказник «Коса стрелка» имеет общегосударственное значение и расположен в Лиманском районе к востоку от сел Курисово и Каиры. Заказник занимает территорию косы на побережье лимана вблизи Каирского залива, его площадь 394 га. На территории этого заказника находятся сельскохозяйственные угодья, лесополосы, пойменные луга. Он создан для охраны мелководья лимана как места нагула и зимовки водоплавающих птиц на прилиманских склонах и косе с 200-метровой полосой прилегающей акватории. В заказнике встречаются до 120 видов птиц. Многие из птиц занесены в Красную книгу Украины, в том числе шилоклювка, речная крачка, пеганка, малая белая цапля, серая цапля, ходуличник и многие другие виды птиц. На эту косу на зимовку прилетают десятки тысяч северных птиц, водятся также лисица, барсук, дикий кролик.

В состав регионального ландшафтного парка «Тилигульский» входят 5 заказников: «Коса стрелка» (орнитологический общегосударственного значения), «Калиновский» (ботанический заказник), «Тилигульская пересыпь» (орнитологический заказник), «Новониколаевский» (ландшафтный заказник) и «Каирский» (ландшафтный заказник).

Береговая линия Тилигульского лимана изрезана песчаными косами, которые расположены на всей протяженности лимана вдоль его побережья. У села Червоноукраинка расположена Чилова коса (рис. 1), которая уходит вглубь лимана дальше его середины. Пока сохраняют свои первоначальные очертания Анатолевская, Атаманская и Прогрессовская косы, в отличие от Ранжевой косы, которая в настоящее время почти полностью обезвожена. В Тилигульском лимане выделены четыре части по глубине, водообмен между которыми затруднен. Границы между этими частями проходят у Чиловой косы, Калиновской косы и коленообразного изгиба лимана между Кордонской и Широкинской песчаными косами.

Самая большая на Тилигульском лимане – Коса стрелка, которая представляет собой длинную узкую полоску песка и ракушек почти вровень с поверхностью воды, уходящая вглубь лимана далеко от береговой линии. На косах отдыхают различные утки и чайки. У Чиловой косы всегда можно увидеть рыбаков на лодках, ловящих рыбу на удочку. С тех пор как перестал функционировать канал, соединяющий лиман с Черным морем, сюда перестала заходить на нерест кефаль и другие виды рыб. Как уже отмечалось, вовсе лишилась воды и сейчас зарастает камышом и другими болотными травами участок Ранжевой косы, который представлен на рисунке 2. Вид косы на фотографии позволяет оценить степень ее бедствия из-за отступления воды. В настоящее время здесь можно наблюдать только заросли камыша на месте некогда наполненных водой акваторий, где много видов птиц находили себе места обитания.



Рис. 1. Чилова коса у села Украинка

Коса уходит вглубь Тилигульского лимана на два километра. У края Чиловой косы хорошо виден берег противоположной стороны лимана. Чилова коса, перекрывая значительную часть лимана, оставляет небольшой проток для водообмена с другими частями лимана – центральной и северной. Осень, 2017 года (фото автора).



Рис. 2. Ранжева коса у села Любополь

Виден обезвоженный участок, заросший камышом и другими видами трав. Осень 2017 года (фото автора).

На рисунке 3 представлен вид соединительного канала Тилигульский лиман – Черное море в 2013 году, когда экологическое состояние лимана не вызывало опасений. На рисунке 4 представлен вид канала, соединяющего лиман с Черным морем, который проходит под автомобильным мостом вблизи села Кошары. Центральный участок лимана находится у села Калиновка, где проходят столбы высоковольтных линий электропередач, проходящие на противоположный берег (рис. 5).



Рис. 3. Общий вид канала, соединяющий Тилигульский лиман с Черным морем  
Предстает благополучный экологический пейзаж, с полным наполнением соединяющего канала морской водой. Видны недавно проведенные дноуглубительные работы канала. Вдалеке спокойно плавают водоплавающие птицы. Лето 2013 года, (фото автора).



Рис. 4. Вид канала, соединяющего Тилигульский лиман с Черным морем  
Виден пересохший и обмелевший канал, нуждающийся в дноуглубительных работах. Соединительный канал проходит под автомобильным мостом недалеко от села Кошары Лиманского района. Осень 2017 года, (фото автора).



Рис. 5. Участок Тилигульского лимана с наибольшей антропогенной нагрузкой

Видно значительное пересохшее побережье лимана у села Калиновка Лиманского района. На заднем плане видна возведенная дамба, по которой проходят высоковольтные линии электропередач, соединяющие берег села Калиновка Лиманского района Одесской области с противоположным берегом у села Прогрессовка Березанского района. Для водообмена между южной и северной частью лимана оставлен небольшой проток. Осень 2017 года (фото автора).

Сравнивая рекреационные участки Тилигульского лимана, можно выделить среди них наиболее благоприятные для отдыха и туризма. Участок у села Коблево по своей территории небольшой, поскольку прибрежные акватории лимана расположены у самого села Коблево, где частные дома расположены близко к прибрежной зоне. К наиболее благоприятным для отдыха и туризма можно отнести рекреационный участок у села Червоноукраинка, где имеются две песчаные косы, одна из которых уходит вглубь лимана на 2 км, а вторая – на 1 км. Обе эти песчаные косы располагаются в начале и в конце села Червоноукраинка Березанского района, этот рекреационный участок наиболее благоприятен для водного спорта. За селом Червоноукраинка по прибрежной части находится Анатолевский рекреационный участок. Он находится недалеко от села Анатолевка, которое расположено вблизи балок Малый Царигонец и Сухая в 3 км от Тилигульского лимана. Теплый климат и обилие солнечных дней в году делает лиман привлекательным для отдыха и оздоровления. Натриево-магниевый компонент лечебных сероводородных грязей лимана исследовался Одесским институтом курортологии, в результате чего были доказаны лечебные свойства его грязей.

В качестве рекреационных туристических маршрутов можно использовать «Тилигульскую пересыпь» – участок длиной около 3 км. Рекреационный участок «Атаманская коса», который расположен в центральной части Тилигульского лимана, богат разнообразием макрофитов в прибрежных акваториях. Рекреационный участок «Ташинский» располагается возле Ташинской затоки недалеко от села Ташино. Длина этого рекреационного участка 5 км.

Вместе с увеличением солёности воды в Тилигульском лимане наблюдается обезвоживание прибрежной зоны всех пяти рекреационных участков. Изменить ситуацию коренным образом может только реконструкция соединительного канала Тилигульский лиман – Черное море, который обеспечит приток морской воды в лиман, наполнив его морской водой. Углубление русла канала и проведение соответствующих берегоукрепительных работ позволит на многие годы забыть о проблеме засоления и иссушения лимана.

Проблемы Тилигульского лимана начались еще несколько десятков лет назад, когда малые реки, питавшие его пресной водой, начали пересыхать. Соединительный канал между

лиманом і Чорним морем був побудований ще в радянське часи. Пройшло багато часу і канал, незважаючи на іноді проводимі дноуглублювальні роботи, все ж засипало піском. Як результат лиман почав меліювати, а рівень солоності води в лимані досяг показувальних значень набагато вище, ніж в морській воді. Введення в експлуатацію оновленого каналу дозволить вирішити проблему наповнення лимана водою, значно знизити існуючу солоність води в лимані і відновити його попереднє екологічне становище.

## ЗАКЛЮЧЕННЯ

Екологічне становище Тилигульського лимана за період наших спостережень в останні 5 років помітно погіршилося. Повністю вичерпана вода і висохла Ранжева коса у селі Любополь Лиманського району, де гніздилися і проводили час відпочинку птахи. В даний час ділянка, де була Ранжева коса, повністю висохла і швидко заростає очеретом і іншими болотними травами. Помітно пішла вода з інших прибережних територій лимана.

За останні 5 років солоність води Тилигульського лимана збільшилася з 18–21 ‰ до 33,8 ‰. Причиною підвищення солоності є його висихання і відсутність надходження води з Чорного моря в лиман.

Обмеление прибрежних територій лимана і висока солоність води негативно впливають на біорізноманітність макрофітів Тилигульського лимана і становище рекреаційних ділянок, зокрема, в 2017 році солоність води в деяких рекреаційних ділянках лимана досягла гранично високих показувальних значень – 32–34 ‰.

Все це свідчить про необхідність прийняття безвідстрочувальних заходів по відновленню зв'язуючого каналу між Чорним морем і Тилигульським лиманом, який рятує його від обмеления і остаточного засолення.

## Список літератури

- Байрактар В. Н., Полукарова Л. А. Мониторинг гидрохимических показателей и состояния фитоценозов в прибрежных акваториях Тилигульського лимана // Біологічний вісник МДПУ. – 2012. – № 1. – С. 19–29.
- Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – М.: Наука, 1967. – 399 с.
- Соколов Е. В. Интегрально-диагностическая оценка экологического состояния Тилигульського лимана // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2014. – № 4 (61). – С. 71–80.
- Ткаченко Ф. П. Морські водорості макрофіти України (північно-західна частина Чорного моря). – Одеса: Астропринт, 2011. – 104 с.
- Ткаченко Ф. П., Ковтун О. О. Макрофіти Тилигульського лиману Чорного моря // Український ботанічний журнал. – 2002. – Т. 59. – № 2. – С. 184–191.
- Тучковенко Ю. С., Богатова Ю. И., Тучковенко О. А. Гидрохимический режим Тилигульського лимана в сучасний період // Вісн. Одес. держ. екол. унів. – 2015. – № 19. – С. 126–133.
- Шуйський Ю. Д., Синюк А. Н. Солоність води в Тилигульському лимані восени 2015 року (прибережжя Чорного моря) // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. – 2015. – Т. 20, вип. 4. – С. 89–97.
- Шуйський Ю. Д., Синюк А. Н. Солоність вод Тилигульського лиманів в окремі сезони 2015–2016 року (східне прибережжя чорного моря) // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. – 2016. – Т. 21, вип. 2. – С. 123–136.
- Bayraktar V. N., Polukarova L. A. Biochemical parameters of macrophytes in littoral recreation area aquatories of the Tiligul estuary in vernal period // Екосистеми їх оптимізація і охорона. – 2013. – Вип. 9. – С. 231–242.

**Bayraktar V. N., Polukarova L. A. Ecological status of the Tiligul estuary and its recreational areas // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 64–71.**

The results of changes in the ecological state of the Tiligul estuary over the last 5 years are presented. During the investigation period, the salinity of water increased from 18–21 ‰ to 33,8 ‰. The reason for increasing salinity is the absence of water from the Black Sea into the estuary. The biodiversity of the macrophyte of the Tiligul estuary is represented by green, red and brown species, their physiological and biochemical status was investigated. To eliminate the problem, which is getting worse, it is possible only in one way to resume the work of the connecting channel between the Black Sea and the Tiligul estuary. This will help fill the dried coastal areas with marine water and dilute the high salinity of the water in the estuary.

**Key words:** evaporation, water mirror, ecology, macrophyte, salinity, Tiligul estuary.

Поступила в редакцію 06.11.17

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Ярош О. Б., Митина Э. А.</b> Оценка перспективных площадей и ресурсов для развития органически чистого сельского хозяйства в Крыму .....	3
<b>Разумейко В. Н., Коваленко М. С., Ивашов А. В., Ончуров М. В.</b> Оценка видового состава микроальгофлоры системы пресных водоёмов Ботанического сада имени Н. В. Багрова .....	16
<b>Тимофеева Т. А.</b> Биогеохимические особенности миграции радионуклидов в пойме реки Сож .....	22
<b>Степанова О. А., Стельмах Л. В.</b> Поиск и изоляция нового альговируса микроводоросли <i>Tisochrysis lutea</i> из экосистемы Черного моря в бухтах Севастополя (Крымский регион) .....	28
<b>Иванов С. П., Яненко Б. В., Мензатова Э. А.</b> Сравнительное изучение экологии гнездования диких пчел (Hymenoptera, Megachilidae) четырех видов в составе искусственной колонии .....	35
<b>Леонов С. В., Сейтумерова Э. Р.</b> Регенерация раковины <i>Cornu aspersum</i> (Mollusca; Pulmonata) из парка сантория «Айвазовское» (Партенит, Крым, Россия) .....	45
<b>Городняя Е. В.</b> Палинологические особенности некоторых видов и сортов садовых роз коллекции Ботанического сада им. Н. В. Багрова Таврической академии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского .....	53
<b>Решетник Г. В.</b> Влияние эпибрассинолида на устойчивость проростков <i>Zea mays</i> к высоким концентрациям сульфата меди .....	59
<b>Байрактар В. Н., Полукарова Л. А.</b> Экологическое состояние Тилигульского лимана и его рекреационных участков .....	64

## CONTENT

<b>Yarosh O. B., Mitina E. A.</b> Assessment of prospective areas and resources for the development of organic agriculture in the Crimea .....	3
<b>Razumeiko V. N., Kovalenko M. S., Ivashov A. V., Onchurov M. V.</b> Estimation of the species composition of the microalgore flora of the fresh water system of the Botanical garden N. V. Bagrov.....	16
<b>Timofeyeva T. A.</b> Biogeochemical features of migration of radionuclides in the flood plain of the river Sozh .....	22
<b>Stepanova O. A., Stelmakh L. V.</b> Search and isolation of the new algal virus of algae <i>Tisochrysis lutea</i> from the ecosystem of the Black Sea in the bays of Sevastopol (the Crimean region).....	28
<b>Ivanov S. P., Yanenko B. V., Menzatova E. A.</b> Comparative study of nesting biology of four wild bees species (Hymenoptera, Megachilidae) in the composition of artificial aggregation .....	35
<b>Leonov S. V.</b> Shell regeneration of the <i>Cornu aspersum</i> (Mollusca; Pulmonata) from the park of the sanatorium «Aivazovskoe» (Partenit, Crimea, Russia).....	45
<b>Gorodnyaya E. V.</b> Palynological features of some species and varieties of garden roses from a collection of N. V. Bagrov Botanic garden Taurida Academy Crimean federal V. I. Vernadsky University.....	53
<b>Reshetnik G. V.</b> The influence of epibrassinolide in the stability of <i>Zea mays</i> seedlings to high concentrations of copper sulphate.....	59
<b>Bayractor V. N., Polukarova L. A.</b> Ecological status of the Tiligul estuary and its recreational areas .....	64