



# Вестник

МОСКОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ОБЛАСТНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

*Серия*

***ЕСТЕСТВЕННЫЕ  
НАУКИ***



***№3 / 2012***

# СОДЕРЖАНИЕ

## РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЯ

<i>Агаева Э.М., Зейналова Ш.К.</i> Мониторинг по болезни Ньюкасла среди домашних и диких птиц в Азербайджане .....	5
<i>Алмаси К.Г., Салманов М.А.</i> Продукционно-деструкционные процессы прибрежной акватории иранского участка Каспийского моря в пределах Астары-Энзели .....	10
<i>Калюжный Е.А., Кузмицев Ю.Г., Михайлова С.В., Болтачева Е.А., Жулин Н.В.</i> Особенности физического развития сельских школьников Арзамасского района.....	15
<i>Климачев Д.А., Кузнецова С.А., Старикова В.Т.</i> Изменение процесса фотосинтеза пшеницы в условиях засоления NaCl и обработки фитогормонами .....	20
<i>Колотилова Н.Н.</i> Л. Пастер и развитие естествознания (к 190-летию со дня рождения) .....	25
<i>Москаев А.В., Гордеев М.И.</i> Влияние экологических характеристик биотопов на хромосомный состав личинок малярийного комара <i>Anopheles messeae</i> (Diptera, Culicidae) .....	28
<i>Мустафаева Р.С., Гюльяхмедов С.Г., Кулиев А.А.</i> Влияние протеаз штамма <i>Enterococcus faecalis</i> AN1 на образование антимикробных пептидов из казеинов и их резистентность в условиях <i>in vitro</i> стимулированной желудочно-кишечной системы.....	38
<i>Фараджи С., Гасымов Ш., Надери Р., Басаки Т.С.</i> Влияние индолил уксусной и гиббереллиновой кислот на рост, цветение и характеристику луковицы гладиолуса ( <i>Gladiolus grandiflorum</i> var. white prosperity) .....	43
<i>Цветков И.Л., Поликарпова Л.В., Конищев А.С.</i> Новый метод количественного определения активности дезоксирибонуклеазы с использованием флуоресцентно меченых олигонуклеотидов в качестве субстрата.....	46

## РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ

<i>Стовбун С.В., Скоблин А.А., Занин А.М., Михайлов А.И., Твердислов В.А., Брагина Е.Е., Рыбин Ю.М., Агеев И.М., Шишкин Г.Г.</i> Структурная динамика роста струн в биомиметиках в сопоставлении с процессами коммутации реальных клеток .....	52
<i>Стовбун С.В., Скоблин А.А., Занин А.М.</i> Коллективный характер спонтанного формирования струн в гомохиральных растворах .....	58
<i>Стовбун С.В., Скоблин А.А., Твердислов В.А., Занин А.М., Михайлов А.И., Гришин М.В., Кирсанкин А.А., Шуб Б.Р.</i> Формирование кольцеобразных струн в биомиметиках как модель возможного независимого формирования кольцеобразных днк в ходе предбиологической эволюции.....	63
<i>Макаренков Д.А.</i> Классификация дисперсных сред на основе вторичных материальных ресурсов по реологическим свойствам .....	66

## РАЗДЕЛ III. ГЕОГРАФИЯ

<i>Брюхань А.Ф.</i> Масштабы техногенного воздействия тепловых электростанций на ландшафтные компоненты .....	74
<i>Капитальчук И.П.</i> Особенности антропогенной трансформации лесных экосистем днестровско-прутского междуречья.....	81
<i>Лебедев В.В.</i> Аккумуляция металлов в хвое лиственницы на золотосеребряном месторождении «Клен» .....	86
<i>Ларькова М.С.</i> Особенности освоения российской части бассейна реки Патсо-Йоки (Паз) в XX в. ....	90
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	<b>97</b>

# CONTENTS

## SECTION I. BIOLOGY

<i>E. Agayeva, Sh. Zeynalova.</i> Monitoring of Newcastle disease among domestic and wild birds in Azerbaijan .....	5
<i>K. Almasi, M. Salmanov.</i> Productive and destructive processes in the Iranian coastal area of the Caspian sea between Astara and Anzali .....	10
<i>E. Kalyuzhny, Yu. Kuzmichev, S. Mihaylova, E. Boltacheva, N. Zhulin.</i> Features of the physical development of rural school children in the Arzamas district.....	15
<i>D. Klimachev, S. Kuznetsova, V. Starikova.</i> Changes in the photosynthesis process of wheat under conditions of nacl salinity and phytohormone treatment.....	20
<i>N.N. Kolotilova.</i> L. Pasteur and development of natural sciences (on the 190 <sup>th</sup> anniversary of his birth).....	25
<i>A. Moskaev, M. Gordeev.</i> Influence of ecological characteristics of biotopes on chromosomal structure of larvae of a malaria mosquito <i>anophelesmesseeae</i> (Diptera, Culicidae).....	28
<i>R. Mustafayeva, S. Qulahmadov, A. Kuliyeu.</i> Effect of proteases from strain <i>Enterococcus faecalis</i> AN1 on liberation of antimicrobial peptides from caseins and their stability in the <i>in vitro</i> simulated gastrointestinal system.....	38
<i>S. Faraji1, Sh.N. Gasimov, R. Naderi, T. Basaki.</i> Effects of gibberellic acid and indole-3-acetic acid on flowering, stalk elongation and bulb characteristics of gladiolus [gladiolus grandiflorum var. White prosperity].....	43
<i>I. Tsvetkov, L. Polykarpova, A. Konichev.</i> A new method for quantitative determination of deoxyribonuclease activity using fluorophore labeled oligonucleotides as a substrate.....	46

## SECTION II. CHEMISTRY

<i>S. Stovbun, A. Skoblin, A. Zanin, A. Mikhailov, V. Tverdislov, E. Bragina, Yu. Rybin, I. Ageev, G. Shishkin.</i> Structural dynamics of growth of strings in biomimetics versus real cell switching process.....	52
<i>S. Stovbun, A. Skoblin, A. Zanin.</i> Collective nature of spontaneous formation of strings in homochiral solutions .....	58
<i>S. Stovbun, A. Skoblin, V. Tverdislov, A. Zanin, A. Mikhailov, M. Grishin, A. Kirsankin, B. Shub.</i> Formation of annular strings in biomimetics as a model of a possible independent formation of annular DNA during prebiological evolution .....	63
<i>D. Makarenkov.</i> Classification of disperse media based on secondary material resources by rheological properties.....	66

## SECTION III. GEOGRAPHY

<i>A. Bryukhan.</i> Scales of technogenic impact of the thermal power plants on landscape componentss .....	74
<i>I. Kapitalchuk.</i> Peculiarities of anthropogenic transformation of forest ecosystems between the rivers Dniester and Prut .....	81
<i>V. Lebedev.</i> Accumulation of metals in larch needles on the 'klyon' gold – silver deposit.....	86
<i>M. Larkova.</i> Features of the development of the russian part of the paatsjoki (paz) river basin in the 20th century .....	90
<b>OUR AUTHORS</b> .....	<b>97</b>

## РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЯ

УДК 619:616981.51

*Агаева Э.М.<sup>1</sup>, Зейналова Ш.К.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Азербайджанский медицинский университет (г. Баку)*

<sup>2</sup> *Республиканская ветеринарная лаборатория (г. Баку)*

### МОНИТОРИНГ ПО БОЛЕЗНИ НЬЮКАСЛА СРЕДИ ДОМАШНИХ И ДИКИХ ПТИЦ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

*E. Agayeva<sup>1</sup>, Sh. Zeynalova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *N. Narimanov Azerbaijan Medical University, Baku*

<sup>2</sup> *Republican Veterinary Laboratory, Baku*

### MONITORING OF NEWCASTLE DISEASE AMONG DOMESTIC AND WILD BIRDS IN AZERBAIJAN

*Аннотация.* Авторами была изучена эпизоотологическая ситуация в стране - осуществлен сбор материала среди диких и домашних птиц. Все анализы были проведены в Республиканской Ветеринарной Лаборатории. Результаты исследований показаны на карте страны. Изучен миграционный путь перелетных птиц, которые являются резервуаром инфекции, а также сезонность заболевания. Вспышки Ньюкаслской болезни происходили в любое время года с тенденциями к росту заболеваемости с ноября по январь с пиком в декабре. Было установлено что, своевременное проведение вакцинации играет большую роль в профилактике болезни.

*Ключевые слова:* Ньюкаслская болезнь, дикие и домашние птицы эпизоотология, вакцинации

*Abstract.* We have studied the epizootological situation in Azerbaijan, i.e., collected the necessary samples among wild and domestic birds. The samples obtained were analyzed at the Republican Veterinary Laboratory. The results of the research are shown on the map of the country. The routes of migrating birds which are reservoirs of infection, as well as the infectious disease seasonality are studied. Outbreaks of Newcastle disease occur at any time of the year, the tendency to an increased morbidity rate being observed from November till January with a peak in December. It was established that, the timely vaccination plays an important role in the prevention of the disease.

*Key words:* Newcastle disease, wild and domestic birds, epizootology, vaccination.

Ньюкаслская болезнь (лат. – Morbus Newcastle; англ. – Newcastle Disease; псевдочума, болезнь Ньюкасла -БН) – высококонтагиозная болезнь птиц из отряда куриных, проявляющаяся поражением органов дыхания, желудочно-кишечного тракта и центральной нервной системы. Возбудителем болезни Ньюкасла являются четыре типа вируса с различной степенью патогенности. В зависимости от штамма вируса изменяется характер и тяжесть течения болезни. Вирус болезни Ньюкасла относится к семейству самых опасных вирусов – Paramixoviridae, роду Fvulavirus, среди которых возбудители чумы рогатого скота, чумы плотоядных, парагриппа многих видов животных. Представители этого семейства также являются возбудителями болезней человека [2; 3; 5; 8]. В естественных условиях болезнь Ньюкасла чаще регистрируют у птиц из отряда куриных (куры, индейки, цесарки, фазаны, павлины). Описаны

© Агаева Э.М., Зейналова Ш.К., 2012.

случаи заражения синантропных птиц (голуби, воробьи, сороки, попугаи, ястребы). Степень восприимчивости к заболеванию птиц разных пород и возрастов варьирует. Иногда наблюдают случаи вспышек БН у цыплят при отсутствии заболевания взрослой птицы [1; 2; 4].

Источники возбудителя инфекции – больная птица и вирусоносители в инкубационном периоде, а также переболевшие после клинического выздоровления. Основным эпизоотологическим фактором, обуславливающим стационарность Ньюкаслской болезни птиц в своевременно не выявленных неблагополучных пунктах является пассивное распространение вируса от больных птиц к здоровым и повышение, как следствие, патогенности (вирулентности) возбудителя болезни с охватом больших регионов. Из организма птиц вирус выделяется с секретами, пометом, яйцами. Факторами передачи возбудителя могут быть инвентарь, подстилка, корм, перо и пух, полученные от больных птиц, тушки вынужденно убитой птицы. Вирус также может находиться внутри и на скорлупе яиц, собранных от больной птицы. В птичниках, в которых содержатся больные, вирус циркулирует в воздухе при работе вентиляторов, а также выбрасывается в окружающую среду и разносится на расстояние до 1600 м, а при ветреной погоде – до 3-5 км. Заражение птицы происходит алиментарным и аэрогенным путями, через корм, воду, воздух, при тесном контакте здоровых и больных особей. Вирус способен выделяться в инкубационном периоде через 24 ч. после заражения птицы, обнаружить его в организме переболевшей птицы удается в течение 2-4 мес. после клинического выздоровления [3; 5; 6; 7].

Резервуаром возбудителя могут быть перелетные дикие птицы, а также домашние утки, гуси [6; 8]. В настоящее время болезнь Ньюкасла чаще проявляется в виде энзоотических вспышек, а в недалеком прошлом – в виде эпизоотии. В птицеводческих хозяйствах с поточной системой содержания птицы инфекция может носить стационарный характер. Это объясняется длительным со-

хранением вируса во внешней среде в зимнее время года, переносом вируса свободноживущей птицей, вирусоносительством у переболевших кур. В активном состоянии вирус может сохраняться в организме клещей, обитающих в птичниках [4; 5; 7]. Заболеваемость у непривитого поголовья птицы составляет 90-100 %, летальность в зависимости от условий содержания колеблется от 40 до 80% [1; 2].

Целью исследований было изучить пути миграции птиц, эпизоотологическую ситуацию в Азербайджане проведением мониторингов среди домашних и диких птиц для своевременного выявления очагов инфекции, иммунологического анализа и своевременной вакцинопрофилактики данного заболевания.

Материалы и методы. Сбор материалов проводили из 12 зональных ветеринарных лабораторий (ЗВЛ): Бейлакан, Товуз, Шемаха, Куба, Саян, Сабирабад, Кабала, Ках, Гей-гел, Гегчай, Барда и Ленкорань. Также собраны пробы среди диких птиц в следующих заповедниках: Абшеронский Национальный парк, заповедник «Кызылагач» (Ленкорань), Агджебединский Национальный Парк «Аг-гел», заповедник «Агзибир», заповедник «Ширван». В состав каждой из зональных ветеринарных лабораторий входит несколько районов, в целом охватывающих всю республику.

В качестве материала использовали: кровь (сыворотки), внутренние органы и ткани из мертвых птиц, трахеальные и клоакальные мазки среди живых птиц. Все материалы собирали, соблюдая технику биобезопасности (перчатки, спецодежда, маски и очки). Согласно стандартам Международного эпизоотического бюро (МЭБ) материалы собирали в специальные контейнеры со льдом. Все образцы отправляли в Республиканскую ветеринарную лабораторию, в отдел вирусологии для анализа. Для выделения вируса болезни Ньюкасла использовали 9-11-дневные куриные эмбрионы. Аллантоисную жидкость исследовали в тесте гиалуроновой кислоты. С положительными пробами ставили реак-

цию задержки гемагглютинации (РЗГА). При проведении РЗГА использовали сыворотку крови, полученную от больных птиц, и специфический антиген. Метод основан на реакции между антигеном (которую получали из референс лаборатории - OIE IzSVE, Радова, Италия) и сывороткой крови (собранных из регионов). Сыворотка крови реагирует с вирусом и не допускает связывания вируса с эритроцитами, следовательно, феномен гемагглютинации ингибируется и эритроциты выпадают в осадок на дно микропластины, как «пуговица». В случае гемагглютинации исследуемая сыворотка не содержит антител против стандартного антигена. При положительных результатах параллельно исследовали сыворотку крови, полученную от птиц в полимеразной цепной реакции (ПЦР). ПЦР

является наиболее ускоренным, чувствительным и специфическим методом при диагностике болезни Ньюкасла. При экстракции РНК-вируса использовали наборы Qiagen RNeasy (кит). ПЦР в режиме реального времени следит за повышением излучаемой флюоресценции в каждом цикле реакции.

**Результаты исследований.** Основная угроза в распространении отводится диким перелетным птицам, в особенности утке, гусю, лебедю. Мы регистрировали павших диких птиц около инфицированных домашних. По данным, полученным от общества орнитологов, в Азербайджане миграция птиц проходит по трем основным направлениям (рис. 1). Западный перелетный путь через районы: Агстафа, Казах и Шемкир. Основной миграционный путь через районы: Табала,



- — → Восточный миграционный путь
- ◆ — → Западный миграционный путь
- ▲ — → Центральный миграционный путь

Рис.1. Направления миграции перелетных птиц в Азербайджане

Гёгчай, Агсу и Агдаш. Последний миграционный путь проходит вдоль западного побережья Каспийского моря.

Исследования, проведенные в птицеводческих хозяйствах 2006-2011 гг., а также данные ветеринарной отчетности показали, что болезнь Ньюкасла регистрировалась в Бейлегане, Сабирабаде, Саяне, Ленкоране, Абшероне и Гей-гелском регионах республики. Вирусологические исследования и постановку диагноза проводили в Республиканской

ветеринарной лаборатории. С этой целью применяли реакции РЗГА и ПЦР. Были зарегистрированы положительные результаты в реакции РЗГА и ПЦР среди домашних птиц в 2006 и 2010 гг. в разных регионах. Таким образом, из обследованных 15000 образцов положительно реагирующих было 1392, при этом результаты коррелировали. Нами представлена карта Азербайджана (рис. 2), указывающая зоны проведенных мониторингов и вспышки заболевания за 2006 -2011гг.

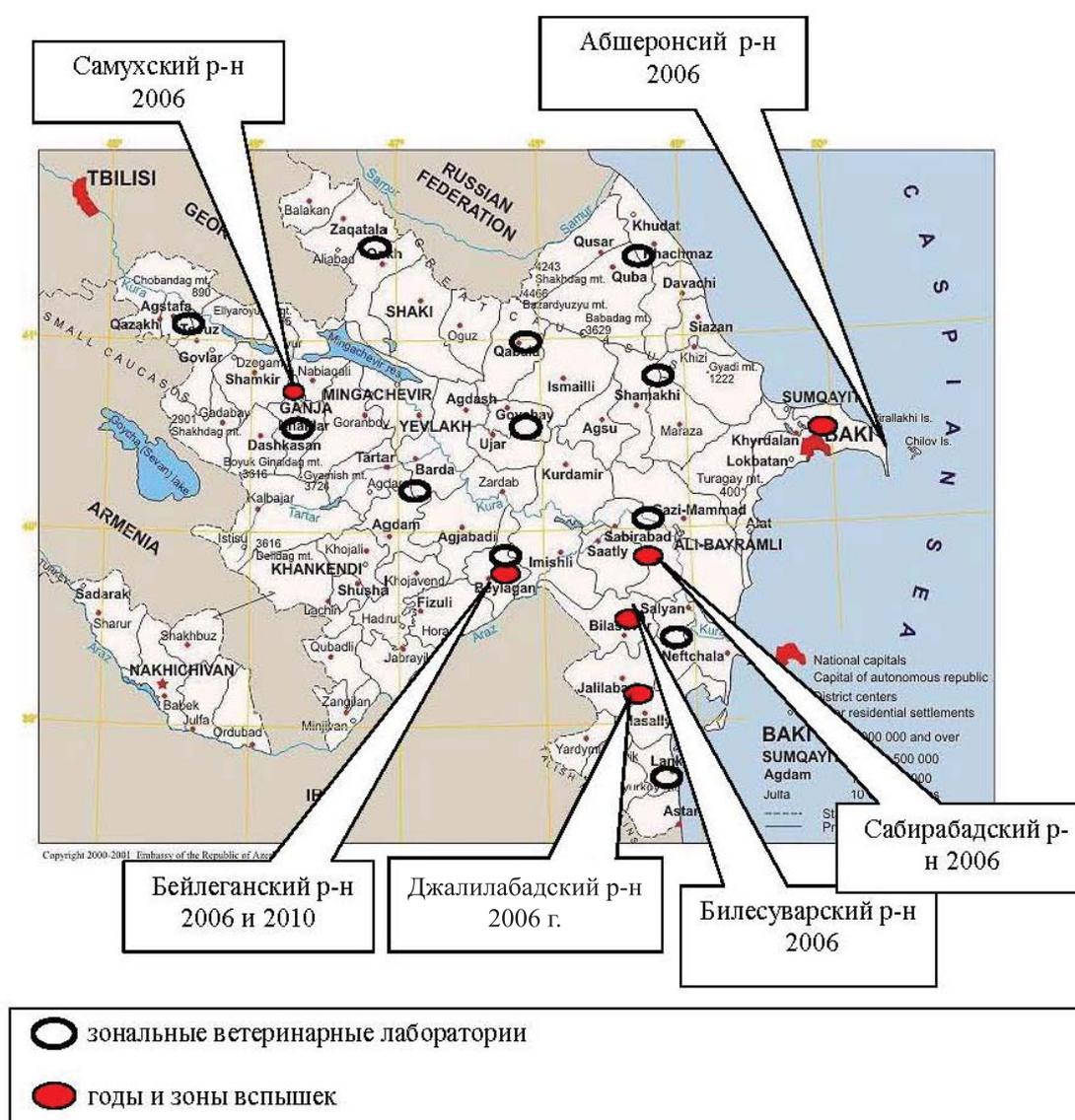


Рис. 2. Зоны мониторинга и эпизоотий (болезни Ньюкасла) птиц. Исследования, проведенные в птицеводческих хозяйствах 2006-2011

**Заключение.** Таким образом, изучена эпизоотическая ситуация по болезни Ньюкасла в Азербайджане за 2006-2010 гг. Вероятность возникновения эпизоотии в стране остается высокой. В распространении болезни основную угрозу представляет также дикие перелетные птицы. Вспышки Ньюкаслской болезни происходили в любое время года с тенденцией к росту заболеваемости с ноября по январь с пиком в декабре. Таким образом, установлена сезонность заболевания в зимнее время года.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агаева Э.М., Зейналова Ш.К.; Болезнь Ньюкасла в Азербайджане (эпизоотология) // Журнал аграрной науки. 2011. № 2. – С. 86-88.
2. Аристова В.А., Ковтунов А.И., Прилипов А.Г., Ямникова С.С., Львов Д.К. Молекулярно-вирусологический мониторинг вируса болезни Ньюкасла (Paramixoviridae, avulavirus) в популяциях диких птиц дельты Волги. // Вопросы вирусологии. – 2006. – Т.51. – № 5. – С. 32-38.
3. Богданов В.Г., Макогон В.Ф., Герман В.В. Носительство ньюкаслского вируса иммунной птицы и ее роль в эпизоотии заболевания // Тезисы док. ВНИВИП, 1985. – С. 1.
4. Джупина С.И. Разработка теории эпизоотического процесса и ее значение для профилактически инфекционных болезней животных // Актуальные проблемы ветеринарных мероприятий в России. Новосибирск, 1998. – С. 157-176.
5. Книзе А.В., Филоматова В.А. Структура и динамика современного мирового ареала болезни Ньюкасла // Актуальные проблемы ветеринарного обеспечения животноводства Сибири / СОРАСХН, 2006. – С.109-113.
6. Михайлова В.В., Калмыков М.В., Белоусова Р.В. Эпизоотический мониторинг Ньюкаслской болезни птиц за период 1999-2003 // Вопросы физико-химической биологии в ветеринарии: Сб. научных трудов. – М., 2005. – С. 94-97.
7. Alexander DJ. Newcastle disease Methods of Spread. In Newcastle disease. Kluwer Academic Publishers, Boston MA, 1988. – Pp.256-272.
8. Awan M.A., Otte M.J., and James A.D. The epidemiology of Newcastle disease in rural poultry: a review. Avian Pathology. – 1994. – Vol. 23. Pp. 405-425.

УДК 579.02

**Алмаси К.Г., Салманов М.А.**

*Институт микробиологии НАН Азербайджана (г. Баку)*

## **ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ ИРАНСКОГО УЧАСТКА КАСПИЙСКОГО МОРЯ В ПРЕДЕЛАХ АСТАРЫ-ЭНЗЕЛИ**

**K. Almasi, M. Salmanov**

*Institute of Microbiology of Azerbaijan  
National Academy of Sciences, Baku*

### **PRODUCTIVE AND DESTRUCTIVE PROCESSES IN THE IRANIAN COASTAL AREA OF THE CASPIAN SEA BETWEEN ASTARA AND ANZALI**

*Аннотация.* В работе представлены результаты микробиологических исследований, проведённых впервые в прибрежных водах иранского участка Каспийского моря в пределах Астары-Энзели. Сбор материала и наблюдения проводились посезонно на 13 станциях, и ставились задачи определения экологической ситуации вдоль побережья, куда стекают воды многочисленных местных рек. Выявлено, что местные реки обогащают зоны своего поступления аллохтонными веществами. Твёрдый сток этих рек снижает прозрачность воды в узкой полосе побережья и снижает процессы фотосинтеза фитопланктона. Также выяснено, что особое экологическое условие сформировано в озере Энзели, где в летние месяцы фитопланктон развивается до стадии «цветения», обогащая воды фитонцидом, автохтонным органическим веществом, что способствует возникновению анаэробно-замора.

*Ключевые слова:* Фитопланктон, бактериопланктон, деструкция, аллохтон, первичная продукция, биогенные элементы.

*Abstract.* We present the results of the microbiological research, performed for the first time in the Iranian coastal waters of the Caspian Sea near the regions of Astara and Anzali. The collection of the samples and observation were carried out seasonally at 13 stations; the objective was to determine the ecological situation of the coast line, where dozens of local rivers join together and flow in. It was found that the local rivers enrich the areas near the river mouths with a rich substance called 'allochthonous'. Solid particles present in the river flow, mainly in narrow areas, reduce the clarity of water, which affects negatively the process of photosynthesis of plankton. We have also shown that special environmental conditions are typical of lake Anzali, where in summer the phytoplankton develops to the stage of 'flowering', thereby enriching the waters with phytoncids, autochthonous organic particles, which in turn have an impact on 'anaerobiosis-dying' appearance.

*Key words:* phytoplankton, bacterioplankton, destruction, allochthon, primary production, biogenic elements.

От города Астары (Иран) до порта-лимана Энзели высокий и гористый берег тянется на 150 км к югу и юго-востоку. На всем протяжении берег окаймлен песчаным пляжем шириной от 50 до 300 м цепью невысоких дюн. С гор стекают в акватории участка воды маловодных и мелководных местных рек, несущих массы аллохтонных-перифитонных частиц водосборных площадей и сточных вод населения и развитого аграрного производства. Учитывая вышеизложенное, исходя из имеющихся литературных данных [4; 8], а также ввиду усиления антропогенного эвтрофирования прибрежной акватории Каспийского моря, весьма актуально определение состояния образования первичной продукции фитопланктона и бактериальной деструкции органического вещества в прибрежном участке иранского сектора моря посезонно.

### Материалы и методы

Для определения физико-химического показателя доминирующих групп фитопланктона и общей численности бактериопланктона воды наблюдения и сбор образцов проб проводились по сезонам 2010 г. Образцы воды для гидрохимических, гидробиологических анализов отобраны батометром Кнудсена, а микробиологических посевов – стерильными бутылками батометра конструкции Ю.И. Сорокина [10]. Прозрачность воды определена диском Секки, температура-опрокидывающим глубоководным термометром в поверхностном слое воды. Для определения гидрохимических ингредиентов использовались методы лабораторных руководств О.А. Алекина [1] и М.М. Гусейнова [3]. Доминирующие воды фитопланктона определены в образцах путем осаждения 2%-раствором формалина. Первичная продукция фитопланктона и величины биодеструкции органического вещества определены методами Винклера-Винберга [2]. Общее число микроорганизмов по прямому счету получено методом А.С. Разумова [5], а сапрофитные бактерии выращены на МПА, согласно указанию В.И. Романенко, С.И. Кузнецова [7]. Пункты (станции) отбора проб и наблюдения назначены на участках поступления основных (крупных) рек в 10-метровых изобатах.

### Результаты и обсуждение

Учитывая тот факт, что речные воды несут в прибрежной акватории моря массы аллох-

тонных веществ, в том числе и химических ингредиентов, которые стимулируют развитие бактерио-фитопланктона, особое внимание было уделено определению концентрации биогенных элементов и количественным особенностям фитобактериопланктона. Проведенные последние 50 лет планомерные исследования М.А. Салмановым [8; 9] и др. авторами [4; 6] показали, что антропогенное эвтрофирование прибрежных акваторий Каспийского моря более интенсивно происходит в зонах поступления речных вод и коммунально-промышленных отходов городов и населенных пунктов, расположенных непосредственно у моря. С этой точки зрения прибрежные акватории иранского сектора Каспия оставались не изученными. Поэтому наше исследование является первой попыткой внесения ясности в экологическое положение продукционно-деструкционных процессов в одном из интересных, малоизученных районов южного Каспия. Установлено, что по всему побережью, куда впадают местные реки, среднегодовая концентрация нитрат-нитритов минеральных фосфатов составляет соответственно 2-0,06 мг/л, что в 2-3 раза больше таковых, отмеченных в акватории 20-25 м изобат. При этом такое соотношение сохраняется во всех сезонах года. Поэтому можно констатировать, что воды местных рек обогащают мелководную акваторию побережья аллохтонными химическими и органическими веществами (табл. 1).

Таблица 1

**Изменение концентрации минеральных фосфатов, нитрат-нитритов в воде побережья Астары-Энзели иранского участка Южного Каспия по сезонам 2010 г. (мг/л)**

Участки-станции	Фосфаты				Нитрат-нитриты			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
1. Астара	0,016	0,013	0,01	0,050	0,8	0,5	0,8	0,7
2. р. Мордаб	0,015	0,018	0,01	0,017	1,2	0,8	1,9	1,6
3. р. Сыных Керпи	0,015	0,013	0,01	0,015	1,9	0,6	1,8	1,1
4. р. Сибли	0,025	0,019	0,01	0,025	1,0	0,5	1,4	0,6
5. р. Лявендивил	0,030	0,020	0,01	0,025	0,9	0,6	0,9	0,5
6. р. Чилавенд	0,024	0,023	0,01	0,030	0,8	0,6	0,9	0,7

Окончание табл. на с. 12

Продолжение табл. 1

7. р. Лимир	0,028	0,016	0,01	0,022	0,7	0,5	0,8	1,1
8. р. Лисар	0,021	0,015	0,01	0,017	0,9	0,8	1,2	1,0
9. Тальшчай	0,019	0,020	0,01	0,026	2,0	0,9	1,1	0,9
10. р. Асалим	0,016	0,015	0,01	0,024	1,6	1,0	1,0	1,2
11. оз. Энзели	0,035	0,024	0,02	0,030	5,7	5,1	9,1	8,3
12. порт Энзели	0,036	0,023	0,02	0,031	5,4	4,8	9,5	7,9
13. Мост	0,025	0,023	0,02	0,026	4,8	5,6	8,4	8,0
Среднее	0,023	0,018	0,01	0,026	2,21	1,7	3,0	2,6

Примечательно, что в отличие от других прибрежных участков Каспийского моря, где обычно в вегетационный период фито-бактериопланктона соли минерального фосфата и нитрат-нитритов отсутствуют [8; 9], здесь, как видно из табл. 1, эти биогенные элементы не расходуются до конца автотрофами в течение года. Причиной сложившегося обстоятельства, на наш взгляд, является низкая прозрачность воды. Дело в том, что все местные реки, которые формируются на склонах горного массива, несут в мелководной акватории моря огромную массу эрудированных частиц почвы водозбора. Содержание нитрат-нитритов также остается довольно высоким, даже в период интенсивной вегетации фитопланктона-фитобентоса. Кроме того, общее количество минерального азота, по сравнению с другими сезонами года,

значительно сокращается весной. Весьма интересные показатели концентрации нитрат-нитритов получены в зоне озера-порта Энзели. Здесь среднесезонные величины нитрат-нитритов в 4-10 раз больше таковых на открытых участках побережья. Проведенные исследования М.А. Салмановым в акваториях эстуарьев всех рек, поступающих в западное побережье Каспийского моря, показали, что избыток биогенных элементов остается здесь постоянным, благодаря снижению прозрачности [8]. В тоже время, на стыке смешивания пресных и морских вод интенсивно протекают продукционно-деструкционные процессы [8; 9]. Подобная своего рода закономерность отмечается там, где численность гетеротрофных микроорганизмов и величины деструкции общей массы органических веществ весьма высоки (табл. 2).

Таблица 2

**Изменение численности сапрофитных бактерий (тыс/мл) и величины деструкции органического вещества ( $\text{мгO}_2/\text{л}$  сутки) в воде побережья Астары-Энзели**

Пункт	Сапрофитные бактерии				Деструкция орг. вещества			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
1. Астара	1,8	3,2	4,3	4,6	0,3	1,4	3,8	2,1
2. р. Мордаб	2,0	3,3	5,2	5,0	0,5	2,0	4,4	2,0
3. р. Сыных Керпи	2,1	3,4	6,4	3,0	0,7	1,6	4,3	2,2
4. р. Сибли	1,6	2,6	4,7	3,1	1,3	1,8	3,8	2,3
5. р. Лявендивил	2,1	3,1	5,2	4,3	1,6	2,3	5,1	3,0
6. р. Чилавенд	2,0	4,4	6,8	5,3	2,2	3,0	5,6	3,3
7. р. Лимир	1,6	3,0	7,3	6,4	2,4	3,4	4,8	3,8
8. р. Лисар	1,7	3,3	6,0	5,7	2,7	3,3	4,4	3,9
9. Тальшчай	2,2	3,9	6,6	5,3	2,2	3,0	5,8	4,2
10. р. Асалим	2,4	5,6	8,3	6,9	3,2	4,1	7,9	5,1
11. оз. Энзели	3,8	8,7	18,0	13,7	3,3	4,0	8,0	6,1
12. порт Энзели	4,4	10,3	14,3	14,0	3,5	5,1	9,1	5,9
13. Мост	2,6	0,2	13,2	12,7	4,0	5,6	9,4	6,6

Результаты изучения основных представителей образования первичной продукции показало, что как в западном, так и в восточном прибрежьях в фитопланктоне преобладают таксоны диатомовых. Также характерно, что представители вселенца в Каспийское море *Rhizosolenia calcar ovis* широко распространены в районе смешивания пресной и соленой воды у моста порта Энзели. Как выявлено, про-светленной воде рек, поступающей в северо-западную часть оз. Энзели сине-зеленые таксонов *Anabaena*, *Merismopedia*, *Anabaenopsis*. Эти же виды сине-зеленых в массе развиваются в водах контактных зон во второй половине весны и начале лета, среди них доминируют *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*. В холодные месяцы (10-12°C) в альгофлоре района исследований отмечается преобладание таксонов родов *Pediastrum* и *Scenedesmus*. Особое экологическое положение сформировано в оз. Энзели и в районе поступления воды в море. В самом озере, где вода почти пресная в течение всего года, в фитопланктоне, с цветением весной, летом, доминируют сине-зеленые и зеленые водоросли. При этом следует особо отметить, что в озере Энзели, одноименном порту, в последние годы отмечались цветение фито-

планктона с появлением заморозов, особенно в районах заливов-бухт с высшей водной растительностью. Заморозы более часты и устойчивы до поступления холодных дней осени. Кроме того, в период цветения, после обогащения водной массы органическим веществом отмерших водорослей, когда возрастает степень сапробности, при появлении в альгофлоре *Exuvella cordata*, считавшейся своего рода биоиндикатором, можно предполагать, что экологическая ситуация в оз. Энзели оказывается напряженной [8]. Оз. Энзели, акватория порта резко отличаются от прибрежья моря также по показателям первичной продукции фотосинтеза фитопланктона (табл. 3).

Как видно, в акваториях последних трех станций (11, 12 и 13) показатели продукции фитопланктона и среднесуточной величины деструкции органического вещества превосходят таковые на остальных станциях в 7-8 раз. Исключением является летний сезон, когда первичная продукция оказалось в 2-3 раза больше величин деструкции на этих же станциях. Причиной сокращения интенсивности биологического распада органического вещества, по видимому, является недостаточное насыщение воды кислородом. Этот район

Таблица 3

**Первичная продукция фотосинтеза фитопланктона к величине деструкции органического вещества (мг/л сутки) в прибрежьях участка Астара-Энзели**

Пункт	Зима		Весна		Лето		Осень	
	П <sup>1</sup>	Д	П	Д	П	Д	П	Д
1 <sup>2</sup>	0,40	0,60	2,6	2,8	6,3	5,6	3,4	3,6
2	0,30	0,50	2,1	2,0	5,2	4,8	4,2	4,3
3	0,40	0,70	2,0	2,3	4,4	5,2	4,0	4,6
4	0,30	0,60	1,2	2,0	3,8	4,4	3,9	4,3
5	0,60	0,60	2,3	3,3	4,7	5,2	3,6	4,4
6	0,50	1,2	2,0	3,1	8,3	8,6	4,7	5,1
7	0,60	1,3	2,4	2,2	6,6	7,4	5,3	6,1
8	0,80	2,4	5,2	4,6	9,2	8,3	5,5	6,0
9	0,80	2,6	5,4	5,7	8,3	7,6	6,2	7,8
10	0,80	2,3	6,1	7,9	15,2	5,3	6,6	8,4
11	3,0	6,3	13,2	14,0	16,7	6,2	8,7	10,2
12	4,3	8,2	16,1	16,3	17,3	7,1	9,3	14,3
13	2,4	6,0	14,8	21,2	15,2	6,6	8,9	16,0

изолирован от моря и не может угрожать его экологической стабильности. В заключение следует отметить, что климат района исследования считается субтропическим, и поэтому можно полагать, что синтез первичной продукции протекает в течение года фитопланктон-фитобентосом, и продукционно-деструкционные процессы функционируют нормально, ибо отсутствуют в районе исследования злостных источников антропогенного воздействия на экосистему иранского побережья Каспия в пределах Астара-Энзели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 444 с.
2. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. – Минск, 1960. – 329 с.
3. Гусейнов М.М. Практическое (лабораторное) руководство. – Баку, 1989. – 214 с.
4. Катунин Д.Н. Гидрохимический режим и изменение экосистемы Каспийского моря в XX веке. – Астрахань, 1995. – 425 с.
5. Разумов А.С. Прямой метод учета бактерий в воде: сравнение его с методом Коха. Микробиология. – 1931. – Т. 1. – С. 131-146.
6. Романенко В.И. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоемах. – Л.: Наука, 1985. – 295 с.
7. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. – Л., 1974. – 194 с.
8. Салманов М.А. Роль микроорганизмов и фитопланктона в продукционных процессах Каспийского моря. – М.: Наука, 1987. – 216 с.
9. Салманов М.А. Экология и биологическая продуктивность Каспийского моря. – Баку, 1999. – 440 с.
10. Сорокин Ю.М. Вопросы методики отбора проб и изучения водной микрофлоры. Океанология. – 1962. – Т. 11. – Вып. 5. – С. 188-197.

УДК 612.655

*Калюжный Е.А., Кузмичев Ю.Г.,  
Михайлова С.В., Болтачева Е.А., Жулин Н.В.*

*Арзамасский государственный педагогический институт им. А.П. Гайдара*

## **ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ШКОЛЬНИКОВ АРЗАМАССКОГО РАЙОНА**

*E. Kalyuzhny, Yu. Kuzmichev,  
S. Mihaylova, E. Boltacheva, N. Zhulin  
A.P. Gaydar Arzamas State Pedagogical Institute*

### **FEATURES OF THE PHYSICAL DEVELOPMENT OF RURAL SCHOOL CHILDREN IN THE ARZAMAS DISTRICT**

*Аннотация.* Физическое развитие детей – один из показателей состояния здоровья школьников. Условия жизни сельских и городских детей не одинаковы, что отражается на уровне физического развития школьников. Статистический анализ результатов скрининга физического развития школьников Арзамасского района на юге Нижегородской области выявил различие у сельских и городских школьников по массе тела и физиометрическим данным.

*Ключевые слова:* физическое развитие, физиометрические показатели, сельский и городской стандарты физического развития, центильное распределение, сопряженность факторов развития, группы физического развития, региональные отличительные особенности.

*Abstract.* The physical development of children is one of the indicators of health of school children. The living conditions of children in villages and cities are significantly different, which affects the level of their physical development. The statistical analysis of the results of screening of the physical development of rural school children in the Arzamas district of the Nizhni Novgorod region showed that school children living in villages and cities differ in body weight and physiometric parameters.

*Key words:* physical development, physiometric indicators, rural and urban standards of physical development, centile distribution, contingency of factors in development, groups of physical development, regional features.

Среди общеобразовательных учреждений России сельские школы (СОШ) составляют 68,9%. Обзор исследований последнего десятилетия, проведенный М.М. Безруких, показал, что количественные и качественные характеристики их питания в целом не отличаются от питания городских детей [1, с. 27]. Каждая сельская школа функционирует в специфических социально-экономических и культурных условиях, что может определять противоречивость оценки физического развития (ФР) учащихся СОШ [1, с. 8; 2, с. 93; 4, с. 6-7; 5, с. 50-52]. Накопление информации о ФР сельских учащихся по отдельным районам, актуально и имеет научно-практическую значимость.

**Цель исследования.** Изучить особенности ФР сельских школьников Арзамасского района Нижегородской области.

### **Материалы и методы**

Исследование проведено по результатам профилактических медицинских осмотров с комплексной оценкой состояния здоровья по данным автоматизированного компьютерного диагностического обследования (АКДО). Осенью 2011 г. наблюдались 1854 учащихся СОШ Арзамасского района (988 мальчиков и 866 девочек) 7-16 лет на базе Центра здоровья детей (г. Арзамас, зав. Болтачева Е.А.). Арзамасский район компактно расположен на юге Нижегородской области, протяжённостью с севера на юг – 40 км; с запада на восток – 50 км. Включа-

© Е.А. Калюжный, Ю.Г. Кузмичев, С.В. Михайлова, Е.А. Болтачева, Н.В. Жулин, 2012.

ет в себя 103 населенных пункта, на их территории расположено 23 СОШ и 11 неполных средних школ, в которых в 2010 г. обучалось 3 094 сельских школьников.

Оценка ФР проведена с определением антропометрических показателей длины тела (ДТ), массы тела (МТ) и производного индекса Кетле2 (ИК2, или ВМІ), окружности грудной клетки (ОГК); физиометрических - жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и динамометрии правой кисти (ДПР); гемодинамических - частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического (САД) и диастолического давления (ДАД). Каждый параметр оценивался в баллах центильных шкал по таблицам для сельских школьников Нижегородской области [8, с. 641; 10, с. 15; 11, с. 32]. Различия по признаку пола устанавливали, анализируя соответствующие таблицы сопряженности (число степеней свободы  $ss=7$ ) [7, с. 138]. По условиям алгоритма антропометрического скрининга выделили 2 группы физического развития в зависимости от сочетания оценок длины тела по следующей схеме: 1) нормальное физическое развитие (НФР) – положение параметров ДТ в зоне

2-7 и ИК2 в зоне 3-6 центильных интервалов (ЦИ), 2) отклонения в развитии: повышенная и высокая масса тела (ИМТ) – положение параметров ДТ в зоне 2-7 и ИК2 в зоне 7-8 ц.и., сниженная и низкая масса тела (НМТ) – положение параметров ДТ в зоне 2-7 и ИК2 в зоне 1-2 ц.и., высокая длина тела (ВР) – положение параметров ДТ в зоне 8 ц.и. при любых значениях ИК2, низкая длина тела (НР) – положение параметров ДТ в зоне 1 ц.и. при любых значениях ИК2 [6, с. 262; 9, с. 184].

По результатам обследования создана персоналифицированная база данных, статистическая обработка с использованием программ офисного пакета «EXCEL 2003» и «Биостат». Результаты представлены таблицами сопряженности в абсолютных и % величинах. Графа табл. 1 "Эталон в %" отражает долю эталонной выборки по данному центильному интервалу каждой оценочных возрастно-половых таблиц физического развития. Для физиометрических показателей вычислили нормированное отклонение индивидуальной разности (Ф) от возрастной средней (Ср) в долях стандартного отклонения ( $\sigma$ ):  $(\Phi - \text{Cp}) / \sigma$  [6, с. 390; 9, с.197].

Таблица 1

**Структура центильного распределения показателей физического развития учащихся СОШ (в %)**

ЦИ	Эталон в %	ДТ	МТ	ИК2	ОГК	ЖЕЛ	ДПР	ЧСС	САД	ДАД
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Мальчики:										
1	3%	2,3	1,6	1,4	2,3	3,4	3,6	5,4	3,6	0,1
2	7%	8,6	3,1	2,0	6,2	4,2	2,9	11,4	2,9	2,8
3	15%	12,5	14,1	12,2	15,3	6,0	14,7	15,0	14,7	6,6
4	25%	26,4	21,5	22,7	19,9	12,6	18,8	25,0	18,8	20,4
5	25%	25,5	22,7	25,0	25,6	25,5	21,5	21,3	21,5	29,8
6	15%	16,2	17,2	16,6	14,1	28,2	17,4	11,9	17,4	20,7
7	7%	5,5	11,3	7,6	8,3	13,3	15,1	5,8	15,1	14,7
8	3%	3,0	8,4	12,5	8,3	6,8	6,1	4,2	6,1	5,0
Девочки:										
1	3%	2,9	2,2	2,4	3,8	2,7	2,8	6,1	2,8	1,0
2	7%	7,7	4,8	2,6	7,0	5,6	6,2	9,6	6,2	6,1

Окончание табл. на с. 17

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	15%	13,9	11,4	14,3	15,0	4,7	10,1	16,9	10,1	13,0
4	25%	24,3	25,0	21,1	22,2	8,9	22,0	24,5	22,0	18,9
5	25%	26,8	27,0	27,7	21,4	30,0	23,8	19,7	23,7	27,2
6	15%	15,0	17,1	16,8	17,3	28,4	17,9	10,3	17,9	17,3
7	7%	7,0	7,2	6,8	6,5	13,7	11,7	7,0	11,7	10,2
8	3%	2,5	5,5	8,3	6,9	5,9	5,5	5,8	5,5	6,3
<b>Статистика:</b>		$X^2 = 5,23$ $P = 0,6317$	$X^2 = 26,98$ $P = 0,0003$	$X^2 = 14,99$ $P = 0,0362$	$X^2 = 14,58$ $P = 0,0418$	$X^2 = 13,84$ $P = 0,0542$	$X^2 = 27,19$ $P = 0,0003$	$X^2 = 7,86$ $P = 0,3454$	$X^2 = 27,19$ $P = 0,0003$	$X^2 = 49,82$ $P = 0,000$

### Результаты

Рассмотрение корреляционной матрицы выявило коэффициенты корреляции ниже уровня функциональной связи между абсолютными значениями антропометрических параметров (0,84 – 0,88) близкие для мальчиков и девочек. Физиометрические показатели коррелируют с антропометрическими на уровне 0,72-0,82 и 0,78 между собой. Гемодинамические показатели – 0,3-0,5, а между собой – 0,6, исключая ЧСС. Частота сердечных сокращений характеризуется отрицательной и низкой связью с остальными – 0,14 до -0,22, с САД и ДАД – 0,06. Коэффициенты ранговой корреляции по Спирмену между оценками в баллах центильных шкал значительно ниже. Все они сопряжены с принадлежностью учащихся к школьной ступени на уровне ниже 0,15. Распределение оценок показателей ФР характеризуется статистически значимым различием по признаку пола, исключая ЧСС и ЖЕЛ (табл.1). Представительство доли детей с низким и высоким ростом близко к эталонному для сельских школьников. Доля учащихся с повышенной массой тела по массе/ростовому индексу ИК2 характеризуется пра-

вым смещением и существенно превышает эталонную, особенно среди мальчиков. То же отмечено для физиометрических параметров, что является уже благоприятной особенностью ФР учащихся данного района. Гемодинамические параметры показывают некоторое левое смещение для ЧСС и повышенную долю школьников с высокими нормальными величинами (7 ц.и) САД и ДАД. Соответственно установленным особенностям по отдельным показателям ФР учащихся СОШ изменилась и структура групп физического развития (табл.2). Ввиду отсутствия статистически значимых различий в структуре групп ФР между мальчиками и девочками ( $p=0,068$ ), представили ее в целом: 1) нормальное физическое развитие – 74,6%, 2) отклонения в развитии: НМТ – 3,7%, ИМТ – 16,3%, ВР – 2,8% и НР – 2,7%. Число детей с ИМТ в 4,4 раза больше, чем с НМТ, что является отличительной особенностью учащихся СОШ Арзамасского района. Только 9,98% учащихся характеризуются низкими ( $< M-1\sigma$ ) относительно сверстников показателями ЖЕЛ и 12,9% – динамометрии. Более четверти детей отличаются высокими ( $> M+1\sigma$ ) значениями физиометрических параметров (табл.2).

Таблица 2

**Структура оценок физиометрических показателей по группам физического развития (абс - %)**

Оценка	Группы физического развития:					
	НФР	Отклонения ФР				Все:
		НМТ	ИМТ	НР	ВР	
Оценка жизненной емкости легких						
Низкая	136-9,83	7-10,29	22-7,28	18-36,0	2-3,92	185-9,98
Средняя	861-62,26	52-76,47	165-54,6	31-62,0	28-54,9	1137-61,3
Высокая	386-27,9	9-13,24	115-38,1	1-2,0	21-41,2	532-28,7
статистика	$X^2 = 73,7$ ; $cc = 8$ ; $p = 0,0001$					
Оценка динамометрии правой кисти						
Низкая	176-12,7	21-30,9	20-6,62	16-32,0	7-13,7	240-12,9
Средняя	838-60,6	42-61,8	173-57,3	30-60,0	21-41,2	1104-59,6
Высокая	369-26,7	5-7,35	109-36,1	4-8,0	23-45,1	510-27,5
статистика	$X^2 = 74,9$ ; $cc = 8$ ; $p = 0,0001$					
Все:	1383-74,6	68-3,67	302-16,3	50-2,7	51-2,75	1854-100

Таблица 2

**Структура оценок гемодинамических показателей по группам физического развития (абс - %)**

Оценка	Группы физического развития:					
	НФР	Отклонения ФР				Все:
		НМТ	ИМТ	НР	ВР	
Оценка САД						
Низкая	23-1,7	2-2,9	5-1,66	0	3-5,9	33-1,78
Средняя	1007-72,8	57-83,8	184-60,9	39-78,0	23-45,1	1310-70,7
Высокая	353-25,5	9-13,2	113-37,42	11-22,0	25-49,0	511-27,6
статистика	$X^2 = 44,9$ ; $cc = 8$ ; $p = 0,0001$					
Оценка ДАД						
Низкая	20-1,45	2-2,94	5-1,66	1-2,0	1-2,1	29-1,57
Средняя	851-61,5	52-76,5	151-50,0	37-74,0	27-56,2	1118-60,4
Высокая	512-37,0	14-20,6	146-48,3	12-24,0	20-41,7	704-38,0
статистика	$X^2 = 28,4$ ; $cc = 8$ ; $p = 0,0004$					
Все:	1383-74,6	68-3,67	302-16,3	50-2,7	48-2,6	1851-100

Физиометрическая эффективность независимо от признака пола сопряжена с принадлежностью с группой ФР. Она выше у школьников групп ИМТ ( $0,73\sigma$ ) и ВР ( $1,03\sigma$ ) и значительно ниже детей НМТ ( $0,06\sigma$ ) и НР ( $-0,75\sigma$ ); в группе НФР =  $0,43\sigma$  при средней нормированной разнице =  $0,454\sigma$  ( $p=0,0001$ ). Похожая картина получена и при анализе показателей динамометрии (табл. 2). Она выше

у школьников групп ИМТ ( $0,74\sigma$ ) и ВР ( $0,93\sigma$ ) и значительно ниже детей НМТ ( $-0,48\sigma$ ) и НР ( $-0,75\sigma$ ); в группе НФР =  $0,34\sigma$  при средней нормированной разнице =  $0,372\sigma$  ( $p=0,0001$ ). Оценка ЧСС с группой ФР не сопряжена, а САД и ДАД имеют схожую с физиометрическими структуру сопряженности с группами ФР (табл.3). Однако трактовка ее иная – учащимся СОШ присуща определенная напря-

женность функциональной адаптации, т.к. 27,6% характеризуются повышенными относительно норматива сверстников показателями САД и 38% – ДАД. На заключительном этапе определили структуру групп ФР учащихся СОШ по оценочным таблицам для городских школьников (ГШ) [12, с. 70-75] и сопоставили ее с данными Богомоловой Е.С. по Н.Новгороду [3, с. 28]. Так как структура групп ФР подобна для сельских мальчиков и девочек ( $p=0.166$ ), рассмотрели ее для всех школьников: НФР 72,4% – 72,9% для СОШ и ГШ соответственно, НМТ – 2,97% и 12,73%, ИМТ – 16,9% и 9,39%, НР – 4,97% и 2,8%, ВР – 2,86% и 2,17%. Различия в распределении групп статистически значимы ( $p=0,004$ ).

**Заключение.** Сельские школьники Арзамасского района, расположенного на юге Нижегородской области, отличаются рядом особенностей физического развития. Доля учащихся с ИМТ составляет 16,3%. Школьники Арзамасского района характеризуются нормальными физиометрическими параметрами с тенденцией к повышению артериального давления. Выявленные особенности обусловлены особенностями территориального расположения района: юг области, концентрация СОШ вокруг крупного промышленного центра г. Арзамаса.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Безруких М.М. Здоровьесберегающая школа. – М.: МГПИ, 2008. – 222 с.
2. Бекмансуров Х.А. Паспорт здоровья учащихся в общероссийской системе мониторинга. – Елабуга: Изд-во ООО «Принт-Мастер», 2007. – 248 с.
3. Богомолова Е.С. Гигиеническое обоснование мониторинга роста и развития школьников в системе «здоровье – среда обитания»: автореф. дис.... докт. мед.наук. – Н.Новгород, 2010. – 43 с.
4. Богомолова Е.С., Кузмичев Ю.Г., Чекалова С.А. Оценка физического развития детей и подростков с использованием стандартов разного территориального уровня // Материалы X Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. – М., 2007. – С. 474-478.
5. Воронцов И.М., Матвеева Н.А., Максимова Т.М. Современное состояние, тенденции и проблема оценки физического развития детей из разных экологических и экономических р-нов России // Педиатрия. – 1995. – № 4. – С. 50-52.
6. Гигиена детей и подростков: руководство к практическим занятиям: учеб. пособ./ под ред. проф. Кучмы В.Р. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 560 с.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб.пособие. 4-е изд., перераб. и доп. – М.:Высш.шк., 1990. – 352 с.
8. Мазурин А.В., Воронцов И.М. Пропедевтика детских болезней. – Спб: ИКФ «Фолиант», 1999. – 928 с.
9. Методы исследования физического развития детей и подростков в популяционном мониторинге – руководство для врачей / Под ред. А.А. Баранова и В.Р. Кучмы. – М.: Союз педиатров России, 1999. – 226 с.
10. Оценочные таблицы физического развития сельских школьников Нижегородской области: метод. указания / Н.А. Матвеева и др. – Н.Новгород: Изд-во НижГМА, 2010. – 28 с.
11. Оценка физического развития детей и подростков: учебное пособие / Е.С.Богомолова и др.. Н.Новгород: Издательство НГМА, 2006. – 260 с.
12. Оценка физического развития детей и подростков г.Нижнего Новгорода: метод. указания / Е.С.Богомолова и др. – Н.Новгород, 2011. – 80 с.

УДК 581.14:577.17

**Климачев Д.А.<sup>1</sup>, Кузнецова С.А.<sup>2</sup>, Старикова В.Т.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный областной университет

<sup>2</sup> Московский медицинский колледж №2

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОТОСИНТЕЗА ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ NaCl И ОБРАБОТКИ ФИТОГОРМОНАМИ**

***D. Klimachev<sup>1</sup>, S. Kuznetsova<sup>2</sup>, V. Starikova<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> Moscow State Regional University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow Medical College No. 2, Moscow, Russia

## **CHANGES IN THE PHOTOSYNTHESIS PROCESS OF WHEAT UNDER CONDI- TIONS OF NaCl SALINITY AND PHYTOHORMONE TREATMENT**

*Аннотация.* Показана возможность применения экзогенного внесения фиторегуляторов для повышения толерантности растений к засолению. Обработка пшеницы 6-БАП и АБК приводит к компенсации воздействия NaCl. При этом характер физиологического ответа растений зависит от уровня засоления и опосредован направленностью изменений в эндогенном содержании гормонов и их соотношении. Обработка 6-БАП в варианте 213 мМ NaCl оказала протекторное влияние.

*Ключевые слова:* фотосинтез, засоление, 6-БАП, АБК.

*Abstract.* The possibility of application of exogenous phyto regulators to increase plant tolerance to salinity is shown. Treatment of wheat by 6-BAP and ABA leads to compensation of NaCl influence. In this case, the nature of the physiological response of plants depends on the level of salinity and indirectly depends on trends of changes in endogenous hormone levels and their ratio. Treatment by 6-BAP with 213 mM NaCl has a protective effect.

*Key words:* photosynthesis, salinization, 6-BAP, ABA.

Фотосинтез является процессом, который определяет уровень энергетических ресурсов и метаболитов, необходимых для роста и поддержания структур в растительной клетке. В литературе имеются данные, касающиеся влияния на различные стороны фотосинтеза, как факторов среды [10], так и фитогормонов [11]. Однако взаимодействие гормонального фактора и засоления в регуляции фотосинтеза практически не изучалось. При этом физиологические изменения в условиях засоления происходят на фоне изменения содержания и соотношения эндогенных гормонов. В этой связи была осуществлена попытка выяснить роль обработки синтетическими аналогами – цитокинином (6-БАП) и абсцизовой кислотой (АБК), как возможных способов влияния на эндогенное содержание фитогормонов и, как следствие, адаптации пшеницы к стрессу. По литературным данным, экзогенные 6-БАП и АБК участвуют в регуляции фотосинтеза при затоплении и засухе, интерес представляло влияние этих веществ в условиях засоления NaCl [2].

### **Объект и методы исследования**

Исследования проводили в условиях лабораторных и вегетационных (почвенные культуры) опытов на яровой пшенице (*Triticum aestivum* L.). NaCl вносили в виде раствора с поливными водами при прорастании (лабораторные опыты), и в фазу трех листьев (вегетационные опыты). Опрыскивание раствором 6-БАП ( $4 \times 10^{-5}$ М) и АБК ( $1 \times 10^{-5}$ М) в вегетационных опытах проводили в фазу кущения (III этап органогенеза), в лабораторных опытах – на следующий день после внесения NaCl. Концентрации вносимых гормонов и NaCl устанавли-

вали путем подбора с учетом особенностей выбранного объекта. Контрольные растения опрыскивали водой.

На протяжении онтогенеза определяли интенсивность ростовых процессов (массу органов растений), содержание пигментов [3], хлорофилловый индекс [1], ЧПФ [8]. Интенсивность дыхания и фотосинтеза анализировали манометрическим методом в аппарате Варбурга [9]. Для выяснения специфики действия 6-БАП и АБК при оптимальных условиях и действии засоления проводился анализ динамики фитогормонов [5]. Повторность опыта трехкратная. Экспериментальные данные обрабатывались статистически [4]. В таблицах приведены средние арифме-

тические и их среднеквадратичные ошибки. При оценке различий между вариантами использовали критерий Стьюдента, считая достоверными различия при уровне доверительной вероятности выше 0,95.

### Результаты и их обсуждение

Опрыскивание 6-БАП контрольных растений показало увеличение интенсивности всех показателей фотосинтетической активности пшеницы. Особо ярко это проявилось при определении интенсивности фотосинтеза по выделяемому  $O_2$  и содержанию пигментов. Так, на следующий день после обработки 6-БАП интенсивность фотосинтеза возросла на 50% (табл. 1).

Таблица 1

#### Влияние обработки 6-БАП на интенсивность фотосинтеза пшеницы, мкл выделенного $O_2/г*ч$

вариант	кущение		колошение		цветение		м о л о ч н а я спелость	
		%		%		%		%
контроль	435±11	100	513±12	100	635±15	100	325±11	100
контроль+6-БАП	652±15	150	646±18	126	660±13	104	357±10	110

Таблица 2

#### Влияние обработки 6-БАП на интенсивность фотосинтеза пшеницы в условиях засоления, мкл выделенного $O_2/г*ч$

Вариант	3 листа	Кущение			Колошение			Цветение			Молочная спелость			
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
контроль	353±15	100	435±11	100	513±12	100	635±15	100	325±11	100				
213мМ NaCl	282±10	80	378±17	87	100	472±17	92	100	571±15	90	100	299±12	92	100
213мМ NaCl + 6-БАП	-	-	526±15	121	140	564±16	110	120	616±17	97	108	332±15	102	111
253мМ NaCl	222±11	63	318±15	73	100	410±12	80	100	527±11	83	100	269±11	83	100

Благоприятное влияние цитокининов на интенсивность фотосинтеза показано в ряде исследований [6, 12]. Интерес представляло влияние совместного действия засоления NaCl и опрыскивания 6-БАП. На фоне засоления NaCl обработка 6-БАП, как и в контрольном варианте, повысила все исследуемые показатели. Опрыскивание 6-БАП в условиях засоления NaCl предотвратило резкое снижение показателей по сравнению с соевыми вариантами (табл. 2-3). Так, в варианте 213 мМ NaCl интенсивность фотосинтеза в среднем увеличилась на 20%.

Таблица 3

**Динамика ЧПФ пшеницы при обработке 6-БАП и засолении NaCl, г/м<sup>2</sup>\*сут**

	кущение	%	колошение	%	цветение	%	молочная спелость	%
контроль	12,5±0,4		16,1±0,1		6,3±0,1		4,5±0,1	
213мМ NaCl	10,3±0,4	100	14,1±0,3	100	5,6±0,1	100	3,8±0,1	100
213мМ NaCl + 6-БАП	11,8±0,4	115	15,4±0,2	110	6,2±0,1	110	3,7±0,1	98
253мМ NaCl	8,5±0,6	100	12,1±0,3	100	4,7±0,2	100	3,3±0,2	100
253мМ NaCl + 6-БАП	9,4±0,4*	110	12,6±0,3*	105	4,6±0,1*	98	3,1±0,2*	93

\* Различия между контролем и опытом недостоверны при уровне значимости 0,05.

Сходные изменения нами показаны при изучении пигментного состава. Так, при концентрации 213 мМ NaCl обработка цитокининами увеличила содержание хлорофилла «а» – на 30%, хлорофилла «b» на 14%. Важно подчеркнуть, что опрыскивание 6-БАП на протяжении онтогенеза в варианте 213 мМ позволило довести показатели фотосинтези-

ческой активности до уровня контроля (табл. 2). Необходимо также отметить, что указанные изменения в содержании пигментов, интенсивности протекания фотосинтеза происходили на фоне увеличения содержания и соотношения 3-ЗР+ИУК/АБК в результате опрыскивания 6-БАП [7].

Таблица 4

**Влияние обработки 6-БАП и засоления NaCl на содержание хлорофилла (a+b) в листьях пшеницы. Фаза кушения, мг/г сухой массы**

Вариант	содержание хлорофилла (a+b) в листьях пшеницы, мг/г сухой массы	%	
контроль	1,243± 0,015		100
213мМ NaCl	0,994± 0,015	100	81
213мМ NaCl + 6-БАП	1,253± 0,013	126	108
253мМ NaCl	0,696± 0,011	100	58
253мМ NaCl + 6-БАП	0,835± 0,009	120	67

Опрыскивание АБК оказало иное влияние на активность фотосинтетического аппарата. В контрольном варианте нами отмечено снижение всех показателей фотосинтетической активности (табл. 5). Указанные измене-

ния происходили на фоне уменьшения соотношения 3-ЗР+ИУК/АБК, в первую очередь, связанную с возрастанием содержания АБК при обработке [7].

Таблица 5

**Интенсивность фотосинтеза пшеницы в зависимости от обработки АБК**  
**Контрольный вариант, мкл выделенного O<sub>2</sub>/г·ч**

вариант	кущение		колошение		цветение		молочная спелость	
		%		%		%		%
контроль	435±11	100	513±12	100	635±15	100	325±11	100
контроль+АБК	348±11	80	436±10	85	568±13	89	309±14	95

На фоне засоления NaCl обработка АБК оказала несколько иное влияние, увеличив интенсивность фотосинтеза и содержание пигментов (табл. 6 - 7). Так, в фазу кущения в варианте 213 мМ NaCl нами отмечено увеличение фотосинтеза на 8%. Вместе с тем, при концентрации 253 мМ указанного эффекта не наблюдали. Таким образом, можно говорить

о некотором снижающем эффекте в действии АБК в условиях засоления NaCl на фотосинтетические процессы. Важно при этом отметить, что указанные изменения в условиях засоления при обработке АБК в фотосинтетической активности происходили на фоне увеличения соотношения З-ЗР+ИУК/АБК в сторону ростстимулирующих [7].

Таблица 6

**Влияние обработки АБК на интенсивность фотосинтеза пшеницы при различном уровне засоления NaCl, мкл выделенного O<sub>2</sub>/г·ч**

вариант	3 листа		кущение			колошение			цветение			молочная спелость		
		%		%	%		%	%		%	%		%	%
контроль	353±15	100	435 ±11	100		513 ±12	100		63 ±15	100		325 ±11	100	
213мМ NaCl	282±10	80	378 ±17	87	100	472 ±17	92	100	571 ±15	90	100	299 ±12	92	100
213мМ NaCl + АБК	-		408 ±14	93	108	509 ±11	99	108	572 ±13	90	100	290 ±13	89	97
253мМ NaCl	222±11	63	318 ±15	73	100	410 ±12	80	100	527 ±11	83	100	269 ±11	83	100
253мМ NaCl + АБК	-		318 ±16	73	100	389 ±12	76	95	521 ±13	82	91	247 ±15	76	92

Таблица 7

**Влияние обработки АБК и засоления NaCl на содержание хлорофилла (a+b) в листьях пшеницы, мг/г сухой массы**

Фаза онтогенеза	кущение	%	колошение	%	цветение	%	молочная спелость	%
Вариант								
213мМ NaCl	0,994± 0,015	100	1,662± 0,011	100	1,519± 0,010	100	0,375± 0,010	100
213мМ NaCl +АБК	1,093± 0,013	110	1,861± 0,010	112	1,94± 0,010	105	0,382± 0,005	102

Таким образом, в условиях засоления NaCl происходят значительные изменения в фотосинтетической деятельности пшеницы, наблюдается ингибирование синтеза пигментов, интенсивности фотосинтеза как по выделившемуся O<sub>2</sub>, так и по накоплению сухой массы. Обработка гормонами на фоне изменения эндогенного содержания вызывает изменения в протекании фотосинтетических процессов. Опрыскивание 6-БАП вызывает усиление интенсивности фотосинтеза, а в ва-

рианте 213 мМ NaCl позволила довести ее до уровня контроля. Тогда как обработка АБК лишь нивелировала действие NaCl.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Андриянова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. – М.: Наука, 2000.– С. 135.
2. Бахтенко Е. Ю., Платонов А.В. Динамика цитокенинов пшеницы при почвенном затоплении // Агрехимия. – 2004. № 6. – С. 51-55.

3. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.Н. Малый практикум по физиологии растений, – М.: Высшая школа. – 1975. – 392 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта, М.: Колос, 1989, 335с.
5. Кудоярова Г.Р., Веселов С.Ю., Каравайко Н.Н., Гюли-Заде В.З., Чередова Е.П., Мустафина А.Р., Мошков Н.Е., Кулаева О.Н. Иммуноферментная тест-система для определения цитокининов // Физиология растений. – 1990. – Т. 37. – С.193-199.
6. Кузнецов В.В., Хыдыров Б.Т., Рошупкин Б.В., Борисова Н.Н. Общие системы устойчивости хлопчатника к засолению и высокой температуре: факты и гипотезы // Физиология растений. – 1990. – Т. 37. – С. 987-996.
7. Кузнецова С.А., Климачев Д.А., Якушкина Н.И. Изменение гормонального баланса пшеницы в зависимости от условий засоления NaCl и экзогенной обработки цитокининами (6-БАП) // Агрехимия. – 2005. – № 8. – С. 29-33.
8. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 511-527.
9. Семихатова О.А. Оценка адаптационной способности растения на основании исследований темнового дыхания // Физиология растений. 1998. – Т. 45. – № 1. – С. 142-148.
10. Тарчевский И.А. Метаболизм растений при стрессе (избранные труды). – Казань: Фэн, 2001. - 448с.
11. Чернядьев И.И. Фотосинтез листьев сахарной свеклы в онтогенезе при обработке 6-бензиламинопурином и метрилбузином // Физиология растений. – 2000. – Т. 47. – № 2. – С. 183-189.
12. Якушкина Н.И. Роль фитогормонов в адаптации растений к условиям среды // Гормональная регуляция ростовых процессов. – М.: Наука, 1985. – С. 3-8.

УДК 579

**Колотилова Н.Н.**

*Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова*

**Л. ПАСТЕР И РАЗВИТИЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ  
(К 190-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**

**N.N. Kolotilova**

*M.V. Lomonosov Moscow State University*

**L. PASTEUR AND DEVELOPMENT OF NATURAL SCIENCES  
(ON THE 190TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH)**

*Аннотация.* Кратко охарактеризованы основные этапы научного творчества Л. Пастера. Обсуждается значение методологии и основных открытий Л. Пастера для развития микробиологии и других областей естествознания. Отмечена роль Л. Пастера как основоположника экспериментального метода в биологии и медицине. Обращено также внимание на роль Л. Пастера в реформе высшего образования во Франции, в создании учебных лабораторий и введении практических занятий для студентов. Статья подготовлена к 190-летию со дня рождения ученого.

*Ключевые слова:* Л.Пастер, естествознание, микробиология, экология, экспериментальный метод.

*Abstract.* The main stages of L. Pasteur's scientific activity are briefly characterized. The importance of L. Pasteur's methodology and main discoveries for the development of microbiology and other natural sciences is discussed. The role of Pasteur as the founder of the experimental method in biology and medicine is mentioned. The role of L. Pasteur as the initiator in the reformation of high school education in France is marked. The article is prepared to celebrate the 190th anniversary of the birth of the scientist.

*Key words:* L. Pasteur, natural sciences, microbiology, ecology, experimental method.

В 2012 г. исполняется 190 лет со дня рождения великого французского микробиолога Луи Пастера (1822–1895). Эпитеты «великий», «гениальный», употребляемые обычно в отношении этого ученого, не являются преувеличением. Жизнь его была научным подвигом, а ореол славы вокруг его имени не меркнет с веками. Юбилей – традиционный повод обратиться к истории науки, окинуть взглядом биографию ученого, перечислить его важнейшие открытия и оценить их значение с позиций сегодняшнего дня. С именем Пастера связано создание экспериментального метода в биологии и медицине, становление физиологии микроорганизмов, рождение и поразительные успехи иммунологии. Но этим далеко не исчерпывается его вклад в развитие естествознания. Представляется целесообразным напомнить некоторые вехи жизненного и научного пути великого естествоиспытателя. О Пастере написано много прекрасных работ (например [3; 5; 7]), поэтому это изложение будет кратким и не претендует на полноту.

Начало научной деятельности Пастера связано с известным учебным заведением Эколь Нормаль (Нормальная школа) в Париже, где он учился у знаменитых химиков Ж.-Б. Дюма, А.Ж. Баляра, кристаллографа Ж.-Б. Био. По ее окончании он защитил (1847) сразу две диссертации: по химии (о соединениях мышьяка) и по физике (о вращательной поляризации жидкостей). Интересы Пастера лежали в области кристаллографии; в его исследовании оптических свойств виноградной и винной кислот было установлено, что форма кристаллов определяет их оптическую активность. Открытие молекулярной диссимметрии положило начало стереохимии. Следующий шаг – открытие оптической (молекулярной) диссимметрии

живого, обнаружение способности бактерий синтезировать и избирательно использовать оптически активные вещества – был важен не только для изучения биохимии брожений, но приобрел, особенно в XX в., общепило-софское значение для понимания особенностей живой материи.

С 26-летнего возраста началась активная педагогическая деятельность Пастера. Он был назначен профессором физики в Дижоне (1848), затем – профессором химии в Страсбургском университете, деканом физико-математического факультета только что организованного университета в Лилле (1854), наконец (1857), навсегда переехав в Париж, – профессором Эколь Нормаль. Пастер занимался не только преподаванием, уделяя большое внимание демонстрации лабораторных экспериментов, но и административными вопросами, организацией занятий, созданием учебных программ и даже урегулированием условий студенческого быта. Он внес большой вклад в организацию реформы высшего образования, настояв на введении лабораторных практикумов для студентов естественнонаучных специальностей (прежде всего, в Сорбонне). Пастер был убежден в необходимости экспериментальной подготовки студентов и добивался (вплоть до правительственного уровня) создания учебных лабораторий, их оснащения и финансирования. «Лаборатории и открытия идут рука об руку», – подчеркивал он [8, с. 36]. В наибольшей степени педагогические устремления Пастера были реализованы при создании знаменитых Микробиологических курсов в Институте Пастера (1889).

Сам Пастер вошел в историю науки как непревзойденный экспериментатор. С 1854 г. он начал изучать брожения (молочнокислое, спиртовое, маслянокислое), образование уксусной кислоты (тогда этот процесс называли уксуснокислым брожением), затем – гниение и разложение мочевины. В этих работах он впервые доказал, что возбудителями брожений являются живые существа, и они способны развиваться в отсутствие воздуха. Открытие жизни без кислорода стало новой

страницей в истории биологии. Исследования анаэробных микроорганизмов, особенно интенсивно идущие во второй половине XX в. и в первые десятилетия XXI в., привели не только к открытию новых типов анаэробного метаболизма, но и к формированию новых представлений о роли анаэробов, в том числе симбиотрофных, в природных процессах, об их распространении на нашей планете, об анаэробной биосфере прошлого. Важнейшим результатом изучения брожений было установление их специфичности: каждый вид брожения вызывается определенным видом микробов. Это открытие, имевшее чрезвычайно большое методологическое значение, можно сказать, значительно опередило свой век. Достаточно напомнить о спорах между мономорфистами и плеоморфистами в отношении вида у бактерий в науке XIX в. и даже XX в. Постоянство химической специфичности является выражением наследственности, и это положение свидетельствует о важности открытий Пастера и для будущего развития генетики.

В работах Пастера по культивированию бактерий было показано, что они могут синтезировать белки из сахаров и аммиака [4]. Это открытие положило начало физиологии питания микробов, а позднее – изучению конструктивного метаболизма и разработке методов культивирования. Работы Пастера демонстрировали разложение микробами органических веществ – отсюда тезис о роли микробов как деструкторов в природе, предваряющий возникновение экологии микроорганизмов, ключевого направления развития науки в XX в. С экологией смыкаются и исследования Пастера по влиянию факторов внешней среды на метаболизм бактерий [6]. От изучения брожений Пастер перешел к практическим вопросам виноделия (в частности, ввел пастеризацию вин), производства уксуса, пивоварения.

В 1861 г. Пастер взялся за исследование проблемы самозарождения микроорганизмов и блестяще решил ее. В этих работах развивалась методология проведения эксперимента, причем огромное внимание уделя-

лось постановке контроля, разрабатывались методы стерилизации (изобретен автоклав). Необыкновенная тщательность и продуманность в постановке опытов не только позволяла Пастеру получать блестящие результаты, но и помогала находить причины ошибочных результатов у оппонентов. Изобретение сосудов с «лебедиными шейками» позволило ему однозначно показать, что «самозарождение» микроорганизмов в простерилизованной среде происходит только в случае их попадания из воздуха. Была установлена связь микробов с частицами пыли. Вывод «чем больше пыли, тем больше микробов» стал шагом на пути развития гигиены. А изучение Пастером количества микробов в воздухе домов и улиц, городов и сел, равнин и высокогорий можно считать предтечей микробной географии.

Следующим шагом на научном пути Пастера стало потребовавшее большого количества времени и огромного напряжения сил изучение болезней шелковичных червей: пембрины и фляшерии (1865). Оно не только закончилось триумфом для практики шелководства, но и положило начало исследованиям энтомопатогенных бактерий, успешно проводившимся в XX в. во многих лабораториях [1], изучению взаимоотношений между микроорганизмами и насекомыми. Эти работы стали и отправной точкой медицинских исследований Пастера, интерес к которым возник еще при изучении процессов брожения и гниения. Он считал, что микробиология является ключом медицины. Изучение возбудителей сибирской язвы, куриной холеры, родильной горячки привело к введению предохранительных прививок, заложив основы иммунологии и профилактической медицины, а также к развитию методов асептики. Наконец, наступил последний этап работ Пастера – борьба с возбудителем бешенства, невидимым противником неизвестной еще вирусной природы. Беспрецедентный метод введения прививок от бешенства «вдогонку» после укуса, но до того, как болезнь успела развиваться, оказался очень действенным. К

Пастеру шли толпы пациентов. На деньги, собранные по подписке, был открыт (1888) легендарный Пастеровский институт, подобные заведения были вскоре открыты в ряде стран, в том числе в России, при научной поддержке Пастера и его ближайших учеников.

Один из знаменитых «пастеровцев», Нобелевский лауреат (1965) Андре Львов неоднократно отмечал роль Пастера как основоположника микробиологии и экспериментальной медицины. Он указывал на революционный характер открытий Пастера, подчеркивая их огромное мировоззренческое значение: «В самом деле, Пастеру принадлежит заслуга глубокого преобразования взглядов своих современников» [4, с. 91]. Идеи Пастера оказали основополагающее влияние на создание современной научной методологии, на развитие естествознания, на формирование научного мировоззрения [2]. Изучение его наследия, особенно в высшей школе, безусловно, необходимо и сегодня.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Африкян Э.Г. Содружество во имя науки и человека // Российские биологи в Институте Пастера. Научный каталог выставки. – М.: Архив РАН, 2010. – С.26-30.
2. Иванов М.В. Луи Пастер и современная микробиология // Микробиология. – 1996. – Т. 65. – № 13. – С.427-430.
3. Имшенецкий А.А. Л. Пастер // Л. Пастер. Избранные труды: в 2 т. – М.: АН СССР, 1960. – Т. 2. – С. 709-774.
4. Львов А. Пастер – творец научного метода в медицине // Природа. – 1973. – № 7. – С. 85–92.
5. Омелянский В.Л. Луи Пастер // Омелянский В.Л. Избранные труды: в 2 т. – Т. 2. – М.: АН СССР, 1953. – С. 72-133.
6. Селибер Г.Л. Пастер и экологическая микробиология // Изв. Естественно-научного института им. П.Ф. Лесгафта. – 1955. – Т. 27. – С. 12-18.
7. Тимирязев К.А. Луи Пастер // Тимирязев К.А. Избранные сочинения в 4 т. – Т. 2. – М.: Сельхозгиз, 1948. – С. 241-282.
8. Opinel A. Teaching microbiology at the Institut Pasteur: the application of a pedagogical principle (1889–1939) // Research in Microbiology. – 2008. – V. 159. – P. 36-39.

УДК 574.3, 595.771

**Москаев А.В., Гордеев М.И.**

*Московский государственный областной университет*

**ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОТОПОВ НА  
ХРОМОСОМНЫЙ СОСТАВ ЛИЧИНОК МАЛЯРИЙНОГО КОМАРА  
ANOPHELESMESSEAE (DIPTERA, CULICIDAE)**

**A. Moskaev, M. Gordeev**

*Moscow State Regional University*

**INFLUENCE OF ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BIOTOPES  
ON CHROMOSOMAL STRUCTURE OF LARVAE  
OF A MALARIA MOSQUITO ANOPHELESMESSEAE (DIPTERA, CULICIDAE)**

**Аннотация.** Исследовано влияние ряда экологических характеристик водоемов (температуры, pH, проводимости, растворенных в воде солей и кислорода) на хромосомный состав личинок малярийного комара *Anophelesmesseae* (Diptera, Culicidae). Определены пределы варьирования изученных экологических параметров в биотопах на территории Европейской части России. Выявлена отрицательная корреляция между количеством растворенного кислорода и частотами инверсионных генотипов  $XL_{00}$  ( $XL_0$ ),  $XL_{01}$ ,  $2R_{00}$  у самцов и самок *An.messeae*. Установлена связь между величиной pH и долей самок с генотипами  $XL_{00}$  и  $XL_{01}$ .

**Ключевые слова:** малярийные комары, экологические факторы, хромосомный полиморфизм, места выплода комаров, *Anopheles*.

**Abstract.** Influence of a number of ecological characteristics of bodies of water (temperature, pH, conductivity, salts and oxygen dissolved in water) on chromosomal structure of larvae of a malaria mosquito *Anophelesmesseae* (Diptera, Culicidae) is studied. Limits of variation in the ecological parameters under study in the breeding places on the territory of the European part of Russia are defined. Negative correlation between the amount of the dissolved oxygen and frequencies of inversion genotypes  $XL_{00}$  ( $XL_0$ ),  $XL_{01}$ ,  $2R_{00}$  of males and females of *An.messeae* is found. A relation between the value of pH and a share of females with  $XL_{00}$  and  $XL_{01}$  genotypes is established.

**Key words:** malaria mosquitoes, ecological factors, chromosomal polymorphism, mosquito breeding places, *Anopheles*.

Численность и экологическая структура популяций комаров рода *Anopheles* в значительной степени зависит от условий развития преимагинальных фаз. В разгар сезона размножения размер популяции определяется продуктивностью личиночных биотопов. Естественно, что плотность личинок связана с интенсивностью откладки яиц самками комаров. Большое значение для роста популяции малярийных комаров комплекса *An. maculipennis* имеет обилие и физиономический тип водной растительности. И, несомненно, важную роль в развитии личинок играют абиотические факторы: состав и температура воды, течение, волнение, характер грунта и др. [1;2]. В задачи данной работы входило изучение влияния ряда экологических характеристик водоемов, таких, как температура, pH, проводимость, соленость и количество растворенного кислорода, на хромосомный состав личинок малярийного комара *An.messeae*. Экологические параметры измеряли в типичных местах выплода малярийных комаров, характерных для исследуемых регионов Европейской части России (Ленинградская, Новгородская, Московская области, Республика Карелия и Республика Адыгея). Во всех личиночных биотопах малярийный комар *An. messeae* был доминирующим видом с высоким уровнем хромосомной изменчивости в популяциях. Места выплода распределены в меридиональном направлении, и географическое распределение биотопов сочетается с клинальной

изменчивостью частот отдельных хромосомных перестроек в популяциях *An. messeae*. Все обследования биотопов были выполнены в конце июня – начале августа, в период массового размножения малярийных комаров.

#### Материал и методы

Материалом для работы послужили выборки личинок малярийного комара *An. messeae*, собранные в 2008-2011 гг. в ряде регионов Европейской части России. Даты и места сбора личинок приведены в табл. 1. В местах выплода комаров проводили измерения экологических характеристик водоемов с помощью портативных приборов: оксиметра (ExStikDO600) и мультифункционального прибора (HANNA Combo HI 98130). Результаты измерений приведены в табл. 2. Всего обследовано 24 биотопа, и, соответственно, получены 24 выборки личинок малярийных комаров. Личинок IV стадии фиксировали в спирт-уксусной смеси (3:1). Из слюнных желез фиксированных личинок готовили препараты политенных хромосом по лактоацеторсеиновой методике [4]. Препараты использовали для цитодиагностики видов и изучения кариотипической структуры популяций *An. messeae*. Сравнивали рисунок дисков политенных хромосом с фотокартами хромосом исследуемых видов [6]. В кариотипах *An. messeae* регистрировали распространенные хромосомные инверсии:  $XL_0$ ,  $XL_1$ ,  $XL_4$ ,  $2R_0$ ,  $2R_1$ ,  $2R_2$ ,  $3R_0$ ,  $3R_1$ ,  $3L_0$ ,  $3L_1$ ,  $3L_3$ . Объем выборок и хромосомный состав личинок из различных местообитаний приведены в табл. 2-6. Всего были определены кариотипы у 1780 комаров.

#### Результаты и обсуждение

Все обследованные личиночные биотопы имели обильную водную растительность, но значительно отличались по плотности личинок и по экологическим параметрам (табл. 2). Измерение этих экологических параметров имеет смысл в первую очередь для определения пределов толерантности у исследуемого вида. Установлено, что в типичных местах выплода комаров *An. messeae* температура варьировала в пределах 18,4-33,3°C; pH – 6,20-8,65; электрическая проводимость  $\mu S$  – 0,01-

1,79 (число частей на триллион ppt – 0,005-0,90); содержание растворенного кислорода – 0,45-15,07 mg/l. Следует подчеркнуть, что в указанном диапазоне по каждому абиотическому фактору возможно массовое развитие преимагинальных стадий. Также определяли и другие параметры биотопов. Высота над уровнем моря изменялась от 73 до 217 метров; плотность личинок комаров колебалась в пределах 0,4-208 особей на м<sup>2</sup>.

При оценке влияния отдельных экологических факторов на экологическую и генетическую структуру популяций следует учитывать суточные колебания этих факторов и возможность их объективного определения. Несомненно, одним из наиболее варьирующих параметров является температура. В экспериментальных условиях в процессе наблюдения за поведением личинок было установлено, что температурный преферендум малярийных комаров комплекса *An. maculipennis* находится в интервале 25-30°C [1]. В реальных условиях только 8 изученных мест выплода *An. messeae* находились в указанном температурном диапазоне 25-30°C. Очевидно, что в большей части биотопов развитие личинок *An. messeae*, в отличие от некоторых других более южных видов комплекса *An. maculipennis*, происходит при более низких температурах. Полученные нами данные в совокупности отражают температурные условия развития, но не дают возможность объективно оценивать связь между температурой и составом популяций. Более показательной может быть связь среднемесячных температур с частотами определенных хромосомных вариантов в одной и той же популяции. Также необходимо учитывать колебания температуры, которые влияют на скорость развития личинок.

Еще одним экологическим фактором, воздействующим на жизнеспособность и скорость развития личинок, является соленость и жесткость воды [1]. Измерения электропроводности отражают содержание электролитов, но не позволяют судить об их качественном составе. В наших исследованиях электропроводность воды варьирова-

ла в широких пределах, однако не выявлено корреляции между проводимостью, плотностью и хромосомным составом личинок. Другим фактором, рассматриваемым в нашем исследовании, была кислотность воды. Концентрация водородных ионов на жизнеспособность личинок малярийных комаров. Личинки *An. messeae* развиваются преимущественно в нейтральных или слабощелочных водоемах, имеющих в дневные часы рН от 7 до 8 (16 биотопов из 24). В пяти водоемах рН превышала 8, причем все они находились на антропогенно трансформированных территориях (карьеры, пожарные пруды). В трех водоемах рН была сдвинута в кислую сторону (в основном, в заболоченностях). По-видимому, кислотность воды влияет на процессы отбора в популяциях *An. messeae*. Нами была обнаружена отрицательная корреляция между величиной рН и долей самок с инверсионными вариантами  $XL_{00}$  и  $XL_{01}$  ( $r = -0,42$ ;  $p < 0,05$ ). По мнению В.Н. Беклемишева (1944), в природе умеренно кислая реакция воды сама по себе безвредна для личинок, но действует на них косвенно посредством более чувствительных к величине рН организмов, таких, как бактерии и водоросли. Очевидно, гомо- и гетерозиготы *An. messeae* с инверсией  $XL_0$  способны развиваться в водоемах с более высокой сапробностью, в которых разложившиеся органические вещества подкисляют воду. Это подтверждают результаты анализа другого экологического параметра, зависящего от сапробности, – растворенного в воде кислорода.

Измерения показали, что изученные биотопы значительно различаются по количеству растворенного в воде кислорода. Установлено, что водоемы с относительно низким содержанием кислорода находятся на северо-западе (Республика Карелия, Ленинградская область) и юге видового ареала *An. messeae* (Республика Адыгея, Краснодарский край). В центральной части видового ареала (Московская, Новгородская области) преобладают местообитания с высоким содержанием кислорода (табл.1). Хромосомный состав личинок в различных местах выплода коррелирует с количеством растворенного кислорода.

Выявлена отрицательная связь между концентрацией растворенного кислорода и частотами инверсионных вариантов половой хромосомы  $XL_0$  у самцов ( $r = -0,573$ ,  $p < 0,01$ ); а также с частотами вариантов  $XL_{00}$  и  $XL_{01}$  у самок *An. messeae* ( $r = -0,545$ ,  $p < 0,01$ ). Кроме того, содержание растворенного кислорода в воде коррелирует с частотой гомозигот  $2R_{00}$  ( $r = -0,695$ ,  $p < 0,001$ ). Известно, что инверсии  $XL_0$  и  $2R_0$  доминируют на юге и юго-западе видового ареала [6], где чаще встречаются биотопы с низким содержанием кислорода в воде. Эти же хромосомные последовательности с высокой частотой встречаются на северо-западе, где распространены торфяные болота с высоким содержанием органических растительных остатков. Для других хромосомных вариантов не выявлено зависимости частот от концентрации растворенного кислорода.

Растворенный кислород способен оказывать прямое и косвенное воздействие на жизнеспособность личинок малярийных комаров. Во-первых, личинки младших возрастов способны долгое время дышать за счет растворенного кислорода (кожное дыхание) [1;5]. Личинки старших возрастов и куколки дышат атмосферным воздухом с помощью стигм и дыхательных трубочек и не используют кожное дыхание. Во-вторых, высокая концентрация кислорода обычно наблюдается в водоемах с обильной водной растительностью, которая создает благоприятные условия для питания и роста личинок всех возрастов. Вероятно, личинки с хромосомными вариантами  $XL_1$  и  $2R_1$ , в отличие от особей с инверсиями  $XL_0$  и  $2R_0$ , более чувствительны к недостатку кислорода. Это подтверждают экспериментальные данные по устойчивости к асфиксии личинок с разными кариотипами. Показано, что личинки с «южными» хромосомными сочетаниями  $XL_0(XL_1)-2R_0-3R_0-3L_0$  более устойчивы к острому кислородному голоданию, чем комары с «северными» хромосомными последовательностями  $XL_1(XL_2)-2R_1-3R_1-3L_1$  [3].

Таким образом, выявлено влияние двух экологических параметров – концентрации

водородных ионов и растворенного кислорода на хромосомный состав личинок *An.messeae*. Полученные данные демонстрируют адаптивное значение хромосомного полиморфизма в популяциях малярийных комаров.

**Выводы**

1. Определены экологические характеристики личиночных биотопов *An.messeae* на территории Европейской части России. Установлено, что в типичных местах выплода температура варьировала в пределах 18,4-33,3°C; рН – 6,20-8,65; электрическая проводимость

μS – 0,01-1,79; содержание растворенного кислорода – 0,45-15,07 mg/l.

2. Показана зависимость хромосомного состава личинок *An.messeae* от экологических параметров биотопов. Обнаружена отрицательная корреляция между величиной рН и долей самок с инверсионными вариантами XL00 и XL01. Выявлена отрицательная связь между концентрацией растворенного кислорода и частотами инверсионных вариантов половой хромосомы XL0 у самцов, XL00 и XL01 у самок, частотами гомозигот 2R00 у особей обоих полов.

Таблица 1

**Экологические характеристики личиночных биотопов *An. messeae* на территории Европейской части России.**

№	Местообитание	Дата сбора	Экологические характеристики						
			h (м)	pH	t°C	μS (solt)	ppt	O <sub>2</sub> (mg/l)	ρ (M <sup>2</sup> )
1	Московская область, Талдомский район, пос. Вербилки, старое русло	19.06.10	132	7,45	22,1	0,22	0,11	10,32	33 (8)
2	Московская область, Талдомский район, пос. Вербилки, карьер	14.06.10	128	8,29	18,9	0,35	0,18	11,55	52 (14)
3	Московская область, Талдомский район, пос. Вербилки, карьер	12.08.11	128	8,00	23,3	0,29	0,14	12,25	19 (4)
4	Московская область, Талдомский район, пос. Вербилки, пруд	12.06.10	135	7,79	22,9	0,16	0,09	15,07	21 (6)
5	Московская область, Талдомский район, пос. Вербилки, пруд	11.08.11	135	7,08	18,4	0,41	0,20	7,85	105 (3)
6	Московская область, Талдомский район, д. Князчино, пруд	13.06.10	137	7,95	23,4	0,26	0,13	14,71	13 (1)
7	Московская область, Талдомский район, д. Князчино, пруд	11.08.11	137	7,57	20,1	0,29	0,14	13,95	32 (7)

Окончание табл. на с. 32

Продолжение табл. 1

№	Местообитание	Дата сбора	Экологические характеристики						
			h (м)	pH	t°C	μS (solt)	ppt	O <sub>2</sub> (mg/l)	ρ (M <sup>2</sup> )
8	Московская область, Дмитровский район, д. Ольявидово, канава	13.06.10	115	7,32	20,8	0,17	0,08	8,33	44 (10)
9	г. Москва, район Новокосино, пруд	13.07.10	151	8,06	27,4	0,44	0,23	12,90	70 (17)
10	Московская область, Клинский район, село Спас-Заулок, пруд	24.08.11	154	8,55	23,4	1,79	0,90	9,40	37 (13)
11	Ленинградская обл., Волосовский район, д. Татьянино, пруд	16.07.09	-	8,65	27,5	0,40	0,20	3,85	2,8 (0,4)
12	Ленинградская обл., г. Всеволожск, пруд	20.07.09	-	6,80	23,2	0,01	0,05	4,98	2,14 (0,14)
13	Ленинградская обл., Приозерский район, пос. Сосново, пруд	21.07.09	-	8,14	23,1	0,36	0,18	7,45	15 (1,4)
14	Республика Карелия, г. Петрозаводск, заболоченность	23.07.09	73	7,70	18,5	0,53	0,26	6,59	14,6 (2,2)
15	Республика Карелия, Прионежский район, село Шуя, заболоченность	23.07.09	-	6,20	20,7	0,43	0,22	2,02	0,4 (0,2)
16	Республика Адыгея, Тахтамукайский район, пос. Тахтамукай, рисовые чеки	04.08.09	-	6,76	27,3	0,31	0,15	2,81	10 (2)
17	Республика Адыгея, Красногвардейский район, пос. Афипсип, ручей	05.08.09	-	7,63	32,5	0,43	0,22	6,02	18 (1,25)
18	Республика Адыгея, Тахтамукайский район, пос. Шенджий, канал	05.08.09	-	7,00	33,3	0,81	0,40	0,45	27 (11)

№	Местообитание	Дата сбора	Экологические характеристики						
			h (м)	pH	t°C	µS (solt)	ppt	O <sub>2</sub> (mg/l)	ρ (м <sup>2</sup> )
19	Республика Адыгея, Красногвардейский район, пос. Садовое, пруд	06.08.09	-	7,71	31,0	0,46	0,23	7,07	14 (3)
20	Краснодарский край, Усть-Лабинский район, пос. Тенгинская, карьер	08.08.09	-	7,68	24,7	0,35	0,18	3,86	208 (17)
21	Новгородская область, г. Валдай, пруд	28.06.10	217	7,52	23,4	0,48	0,24	11,84	54 (9)
22	Новгородская область, Окуловский р-н, пос. Угловка, карьер	28.06.10	180	7,93	24,0	0,45	0,23	11,15	125 (12)
23	Новгородская обл., Окуловский р-н, д. Березовка, пруд	28.06.10	180	7,25	27,0	0,17	0,09	3,92	10 (2)
24	Новгородская область, пос. Никольское, пруд	30.06.10	-	7,44	22,2	0,09	0,04	4,67	125 (43)

Таблица 2

**Хромосомный состав личинок *An. messeae* в местообитаниях в Московской области**

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_f$ %				
	пос. Вербилки, старое русло, 2010 г.	пос. Вербилки, карьер, 2010 г.	пос. Вербилки, карьер, 2011 г.	пос. Вербилки, пруд, 2010 г.	пос. Вербилки, пруд, 2011 г.
Самцы, n	47	51	47	48	17
XL <sub>0</sub>	2,1±2,1	7,8±3,8	6,4±3,6	12,5±4,8	23,5±10,0
XL <sub>1</sub>	85,1±5,2	90,3±1,9	89,4±4,5	85,4±5,1	76,5±10,0
XL <sub>4</sub>	12,8±4,9	1,9±1,9	4,2±2,9	2,1±2,1	0
Самки, n	56	55	44	57	30
XL <sub>00</sub>	3,6±2,5	9,1±3,9	4,5±3,1	3,5±2,4	26,7±8,1
XL <sub>01</sub>	8,9±3,8	5,4±3,1	0	14,0±4,6	3,3±3,3
XL <sub>11</sub>	71,4±6,0	81,9±5,2	84,1±5,5	70,2±6,1	60,0±8,9

Продолжение табл. на с. 34

Окончание табл. 2

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_f$ %				
	пос. Вербилки, старое русло, 2010 г.	пос. Вербилки, карьер, 2010 г.	пос. Вербилки, карьер, 2011 г.	пос. Вербилки, пруд, 2010 г.	пос. Вербилки, пруд, 2011 г.
XL <sub>14</sub>	16,1±4,9	3,6±2,5	9,1±4,3	12,3±4,3	10,0±5,5
XL <sub>04</sub>	0	0	2,3±2,2	0	0
Оба пола, n	103	106	91	105	47
2R <sub>00</sub>	36,9±4,8	33,0±4,6	30,8±4,8	39,0±4,8	40,4±7,2
2R <sub>01</sub>	42,7±4,9	42,5±4,8	54,9±5,2	41,0±4,8	51,1±7,3
2R <sub>11</sub>	20,4±4,0	24,5±4,2	14,3±3,7	20,0±3,9	8,5±4,1
3R <sub>00</sub>	55,4±4,9	57,6±4,8	60,4±5,1	55,3±4,9	61,7±1
3R <sub>01</sub>	38,8±4,8	39,6±4,8	31,9±4,9	37,1±4,7	34,0±6,9
3R <sub>11</sub>	5,8±2,3	2,8±1,6	7,7±2,8	7,6±2,6	4,3±2,9
3L <sub>00</sub>	92,3±2,6	96,3±1,9	100	85,7±3,4	100
3L <sub>01</sub>	1,9±1,4	3,7±1,9	0	14,3±3,4	0
3L <sub>03</sub>	5,8±2,3	0	0	0	0

Таблица 3

**Хромосомный состав личинок *An. messeae* в местообитаниях в Московской области**

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_f$ %				
	д. Князчино, пруд, 2010 г.	д. Князчино, пруд, 2011 г.	пос. Ольявидово, канава, 2009 г.	район Новокошино, пруд, 2010 г.	с. Спас-Заулок, пруд, 2011 г.
Самцы, n	44	53	27	45	57
XL <sub>0</sub>	11,4±4,8	24,5±5,9	25,9±8,4	17,8±5,7	29,8±6,1
XL <sub>1</sub>	86,4±5,2	71,7±6,2	74,1±8,4	82,2±5,7	70,2±6,1
XL <sub>4</sub>	2,2±2,2	3,8±2,6	0	0	0
Самки, n	55	51	29	58	55
XL <sub>00</sub>	16,4±5,0	19,6±5,6	24,2±8,0	6,8±3,3	20,0±5,4
XL <sub>01</sub>	9,1±3,9	17,6±5,3	10,3±5,7	12,1±4,3	12,7±4,5
XL <sub>11</sub>	67,2±6,3	56,9±6,9	58,6±9,2	75,9±5,6	67,3±6,3
XL <sub>14</sub>	5,5±3,1	5,9±3,3	6,9±4,7	5,2±2,4	0
XL <sub>04</sub>	1,8±1,8	0	0	0	0
Оба пола, n	99	104	56	103	112
2R <sub>00</sub>	33,0±4,7	42,3±4,8	44,7±6,6	64,1±4,7	43,8±4,7
2R <sub>01</sub>	42,5±5,0	36,5±4,7	48,2±6,7	28,1±4,4	37,5±4,6
2R <sub>11</sub>	24,5±4,3	21,2±4,0	7,1±3,4	7,8±2,6	18,7±3,7

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_f$ %				
	д. Князчино, пруд, 2010 г.	д. Князчино, пруд, 2011 г.	пос. Ольявидово, канава, 2009 г.	район Новокосино, пруд, 2010 г.	с. Спас-Заулок, пруд, 2011 г.
3R <sub>00</sub>	54,6±5,0	66,3±4,6	64,3±6,4	66,0±4,7	57,1±4,7
3R <sub>01</sub>	33,3±4,7	27,9±4,4	33,9±6,3	29,1±4,5	36,6±4,6
3R <sub>11</sub>	12,1±3,3	5,8±2,3	1,8±1,8	4,9±2,1	6,3±2,3
3L <sub>00</sub>	99,0±1,0	93,3±2,5	96,4±2,5	98,1±1,3	96,4±1,8
3L <sub>01</sub>	1,0±1,0	6,7±2,5	3,6±2,5	1,9±1,3	3,6±1,8

Таблица 4

**Хромосомный состав личинок *An. messeae* в местообитаниях в Ленинградской области и Республике Карелия**

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm sf$ %				
	д. Татьянино, пруд, 2009 г.	г. Всеволожск, пруд, 2009 г.	пос. Сосново, пруд, 2009 г.	г. Петрозаводск, забол., 2009 г.	с. Шуя, забол., 2009 г.
Самцы, n	43	27	59	14	17
XL <sub>0</sub>	23,3±6,4	40,7±9,4	59,3±6,4	50,0±13,3	41,2±11,9
XL <sub>1</sub>	76,7±6,4	59,3±9,4	40,7±6,4	50,0±13,3	58,8±11,9
Самки, n	61	32	43	17	29
XL <sub>00</sub>	14,8±4,5	50,0±8,8	20,9±6,2	58,8±11,9	24,1±7,9
XL <sub>01</sub>	13,1±4,3	31,3±8,2	16,3±5,6	11,8±7,8	13,8±6,4
XL <sub>11</sub>	72,1±5,7	18,7±6,9	62,8±7,3	29,4±11,0	62,1±9,0
Оба пола, n	104	59	102	31	46
2R <sub>00</sub>	54,8±4,9	83,0±4,9	91,2±2,8	71,0±8,1	82,6±5,6
2R <sub>01</sub>	39,4±4,8	15,3±4,7	8,8±2,8	25,8±7,9	10,9±4,6
2R <sub>11</sub>	5,8±2,2	1,7±1,7	0	3,2±3,2	6,5±3,6
3R <sub>00</sub>	60,7±4,8	69,5±6,0	78,4±4,1	71,0±8,1	37,0±7,1
3R <sub>01</sub>	35,5±4,7	27,1±5,8	21,6±4,1	19,3±7,0	50,0±7,4
3R <sub>11</sub>	3,8±1,9	3,4±2,4	0	9,7±5,3	13,0±4,9
3L <sub>00</sub>	96,2±1,9	93,2±3,3	95,1±2,1	96,8±3,2	93,5±3,6
3L <sub>01</sub>	3,8±1,9	6,8±3,3	4,9±2,1	3,2±3,2	4,3±3,0
3L <sub>11</sub>	0	0	0	0	2,2±2,2

Таблица 5

**Хромосомный состав личинок *An. messeae*  
в местообитаниях в Краснодарском крае и Республике Адыгея**

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$ %				
	пос. Тахтамукай, рис. чеки, 2009 г.	пос. Афиписп, ручей, 2009 г.	пос. Шенджий, канал, 2009 г.	пос. Садовое, пруд, 2009 г.	пос. Тенгинская, карьер, 2009 г.
Самцы, n	27	31	28	16	25
XL <sub>0</sub>	29,6±8,8	54,8±8,9	39,3±9,2	31,2±11,6	44,0±9,9
XL <sub>1</sub>	70,4±8,8	45,2±8,9	60,7±9,2	68,8±11,6	56,0±9,9
Самки, n	24	21	23	29	27
XL <sub>00</sub>	8,3±5,6	23,8±9,3	13,1±7,0	17,2±7,0	11,2±6,1
XL <sub>01</sub>	66,7±9,6	57,1±10,8	56,5±10,3	62,1±9,0	44,4±9,6
XL <sub>11</sub>	25,0±8,8	19,1±8,6	30,4±9,6	20,7±7,5	44,4±9,6
Оба пола, n	51	52	51	45	52
2R <sub>00</sub>	100	100	100	100	100
3R <sub>00</sub>	94,1±3,3	73,1±6,1	84,3±5,1	77,8±6,2	96,2±2,7
3R <sub>01</sub>	5,9±3,3	28,9±6,1	13,7±4,8	22,2±6,2	3,8±2,7
3R <sub>11</sub>	0	0	2,0± 2,0	0	0
3L <sub>00</sub>	62,7±6,8	63,5±6,7	86,3±4,8	86,7±5,1	92,3±3,7
3L <sub>01</sub>	31,4±6,5	36,5±6,7	13,7±4,8	13,3±5,1	5,8±3,2
3L <sub>11</sub>	5,9±6,9	0	0	0	1,9±1,9

Таблица 6

**Хромосомный состав личинок *An. messeae*  
в местообитаниях Валдайской возвышенности**

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$ %			
	г. Валдай, пруд, 2010 г.	пос. Угловка, карьер, 2010 г.	д. Березовка, пруд, 2010 г.	пос. Никольское, пруд, 2010 г.
Самцы, n	47	32	19	17
XL <sub>0</sub>	38,3±7,1	50,0±8,8	52,6±11,5	52,9±12,1
XL <sub>1</sub>	61,7±7,1	50,0±8,8	47,4±11,5	47,1±12,1
Самки, n	30	58	22	36
XL <sub>00</sub>	43,3±9,1	31,0±6,1	40,9±10,5	13,9±5,8
XL <sub>01</sub>	26,7±8,1	24,2±5,6	27,3±9,5	22,2±6,9

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$ , %			
	г. Валдай, пруд, 2010 г.	пос. Угловка, карьер, 2010 г.	д. Березовка, пруд, 2010 г.	пос. Никольское, пруд, 2010 г.
XL <sub>11</sub>	30,0±8,4	43,1±6,5	31,8±9,9	63,9±8,0
XL <sub>02</sub>	0	1,7±1,7	0	0
Оба пола, n	77	90	41	53
2R <sub>00</sub>	55,8±5,7	57,8±5,2	56,1±7,6	54,7±6,8
2R <sub>01</sub>	32,5±5,3	36,7±5,1	36,6±7,5	35,9±6,6
2R <sub>11</sub>	11,7±3,7	5,5±2,4	4,9±3,4	9,4±4,0
2R <sub>02</sub>	0	0	2,4±2,4	0
3R <sub>00</sub>	75,3±4,9	57,8±5,2	70,7±7,1	67,9±6,4
3R <sub>01</sub>	20,8±4,6	35,5±5,0	26,9±6,9	32,1±6,4
3R <sub>11</sub>	3,9±2,2	6,7±2,6	2,4±2,4	0
3L <sub>00</sub>	98,8±2,5	93,3±2,6	95,1±3,7	90,6±4,0
3L <sub>01</sub>	5,2±2,5	6,7±2,6	4,9±3,7	7,5±3,6
3L <sub>11</sub>	0	0	0	1,9±1,9

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беклемишев В.Н. Экология малярийного комара. – М.: Медгиз, 1944. – 299 с.
2. Беклемишев В.Н., Половодова В. Растительные сообщества как фактор биологии личинки *Anopheles maculipennis* // Мед. паразитол., 1933. – № 6, – С. 341-363.
3. Гордеев М.И., Перевозкин В.П. Стратегии отбора и устойчивость к асфиксии у личинок малярийного комара *Anopheles messeae* с разными кариотипами // Генетика. – 1995. – Т. 31. – № 2. – С. 180-184.
4. Кабанова В.М., Карташова Н.Н., Стегний В.Н. Кариологическое исследование природных популяций малярийного комара в Среднем Приобье. 1. Характеристика кариотипа *Anopheles maculipennis messeae* Fall. // Цитология. – 1972. Т. – 14. – № 5. – С. 630-636.
5. Перевозкин В.П., Семёнов С.Ю., Галкин В.С., Сибатаев А.К. Влияние концентрации растворенного в воде кислорода на жизнеспособность различных стадий развития малярийного комара *Anopheles atroparvus* (Diptera, Culicidae) // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – № 349. – С. 185-187.
6. Стегний В.Н. Популяционная генетика и эволюция малярийных комаров. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1991. – 136 с.

УДК: 581.19:577.157

**Мустафаева Р.С., Гюльяхмедов С.Г., Кулиев А.А.**  
Бакинский государственный университет

## **ВЛИЯНИЕ ПРОТЕАЗ ШТАММА ENTEROCOCCUS FAECALIS AN1 НА ОБРАЗОВАНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ ИЗ КАЗЕИНОВ И ИХ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ В УСЛОВИЯХ IN VITRO СТИМУЛИРОВАННОЙ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

**R. Mustafayeva, S. Qulahmadov, A. Kuliyeu**  
Baku State University (Baku, Azerbaijan)

### **EFFECT OF PROTEASES FROM STRAIN ENTEROCOCCUS FAECALIS AN1 ON LIBERATION OF ANTIMICROBIAL PEPTIDES FROM CASEINS AND THEIR STABILITY IN THE IN VITRO SIMULATED GASTROINTESTINAL SYSTEM**

**Аннотация.** Целью исследования было изучить потенциал протеолитического штамма *Enterococcus faecalis* AN1, генерировать антимикробные пептиды из казеинов, а также определить влияние последующего гидролиза пепсином и панкреатином в условиях *in vitro* симулированной желудочно-кишечной системы на данную активность. Анализ гидролиза субстрата и образования пептидов проводили при помощи SDS-ПААГ-электрофореза и ОФ ВЭЖХ. Гидролизат казеинов протеазами штамма проявил антимикробную активность против *Listeria monocytogenes* EGDe107776. Антимикробная активность в гидролизате сохранялась после гидролиза пепсином, однако при воздействии панкреатина полностью исчезла. Более того, предварительный гидролиз казеинов протеазами штамма *Enterococcus faecalis* AN1 улучшал их переваривание пепсином. Исследуемый штамм обладает потенциалом в производстве функциональных молочных продуктов.

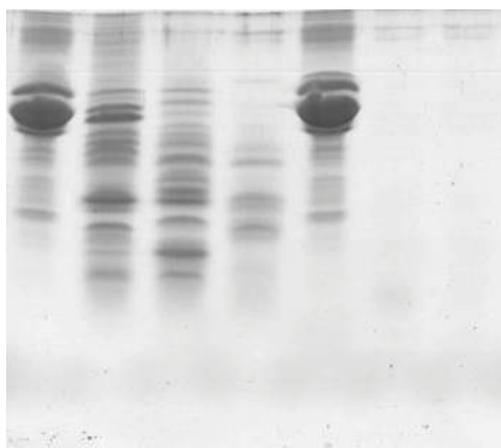
**Ключевые слова:** протеазы, казеины, антимикробные пептиды.

**Abstract.** The aim of the present research was to study the effect of proteolytic strain *Enterococcus faecalis* AN1 on liberation of casein-derived antimicrobial peptides, as well as also to determine the influence of the subsequent hydrolysis by pepsin and pancreatin in the *in vitro* stimulated gastrointestinal system on this activity. The protein hydrolysis and peptide production were analyzed with the help of SDS PAGE and RP-HPLC. The peptides released upon hydrolysis of caseins with the studied strain presented antimicrobial activity against *Listeria monocytogenes* EGDe107776. Antimicrobial activity of casein-derived peptides was stable after pepsin hydrolysis; however, the effect totally disappeared after pancreatic digestion. Moreover, prehydrolysis of caseins by proteases from strain *Enterococcus faecalis* AN1 increased their digestion by pepsin. The strain under study could be a potential starter for production of functional dairy products.

**Key words:** proteases, caseins, antimicrobial peptides.

Молоко является богатым источником биологически активных пептидов, обладающих антимикробной, АПФ-ингибирующей, иммуностимулирующей, опиоидной и др. активностями [5; 6]. Примером антимикробных пептидов, образующихся из молочных белков, могут служить казецин, израцидин, лактоферрин и др. [9]. Эти биологически активные пептиды заложены в первичной последовательности молочных белков, таких, как казеины и белки сыворотки молока. Высвобождение биологически активных пептидов происходит в результате протеолитической деградации белков молока и лежит в основе продукции функциональных молочных продуктов.

Протеолиз белков молока – это сложный ступенчатый процесс, который протекает в результате воздействия протеолитических ферментов молока, стартерных культур, используемых в процессе ферментации, а также продолжается в желудочно-кишечной системе конечного потребителя ферментированного молочного продукта. В последнем случае может происходить



I                    II                    III  
—                    —                    —  
1    2    3    4                    5    6

**Рис. 1.** Протеолиз казеинов протеазами штамма *E.faecalis* AN1, пепсином и панкреатином. Линии 1, 3, 5 соответствуют контролям, линии 2, 4, 6 гидролизатам казеинов штаммом *E.faecalis* AN1. I этап – гидролиз штаммом, II этап – гидролиз пепсином, III этап – гидролиз панкреатином.

как образование, так и деградация ранее высвобожденных биологически активных пептидов в результате расщепления активной аминокислотной последовательности.



**Рис. 2.** Хроматографический профиль пептидов, образующихся при гидролизе казеинов протеазами штамма *Enterococcus faecalis* AN1.

Протеолитическая система молочнокислых бактерий (МКБ) состоит из 3 компонентов: экзопротеазы, которые связаны с клеточной стенкой и осуществляют первоначальный гидролиз казеинов молока до олигопептидов; транспортная система – осуществляет транспорт олигопептидов через клеточную стенку в цитоплазму; эндопептидазы – большое количество олиго- ди- и трипептидаз, которые осуществляют дальнейший гидролиз пептидов внутри клетки до аминокислот [7]. Первичный гидролиз казеинов молока осуществляется протеазами МКБ, присутствующих как в качестве стартерных, так и в качестве добавочных культур в ферментированных молочных продуктах [3]. Изучение протеолитической активности МКБ имеет большое практическое значение. Протеазы МКБ обладают штамм-зависимой специфичностью, что обуславливает образование различных пептидов, которые придают вкус и аромат конечным продуктам, а также обладают биологической активностью [3; 7]. Изучение протеолитических штаммов МКБ позволит разработать функциональные молочные продукты, содержащие биологически активные пептиды.

Целью данной работы было изучить потенциал протеолитического штамма *Enterococcus faecalis* AN1 генерировать антимикробные пептиды из казеинов, а также определить влияние последующего гидролиза пепсином и панкреатином в условиях *in vitro* симулированной желудочно-кишечной системы на данную активность.

### Материалы и методы

**Бактериальные штаммы и условия культивирования.** Объектом исследования был штамм из лабораторной коллекции МКБ Биологического факультета БГУ – *Enterococcus faecalis* AN1. Данный штамм был изолирован из традиционного азербайджанского сыра и является продуцентом протеолитических ферментов, которые гидролизуют  $\alpha$ 1- и  $\beta$ -казеины молока [1]. Штамм хранился при температуре  $-80^{\circ}\text{C}$  в MRS среде, содержа-

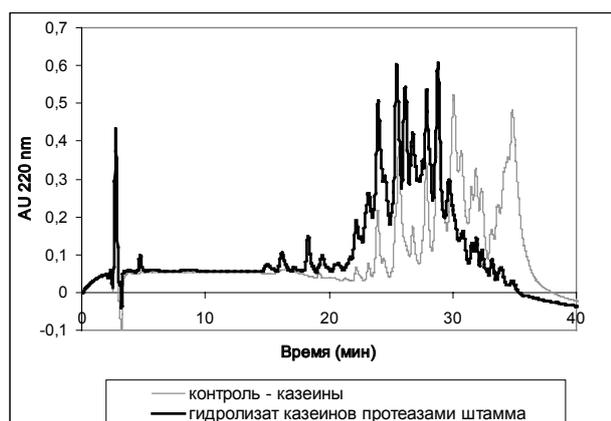


Рис.3. Хроматографический профиль пептидов, образующихся при гидролизе казеинов и гидролизатов штамма *Enterococcus faecalis* AN1 пепсином.

щей 30% глицерола. Перед использованием, штамм дважды культивировали в MRS среде при температуре 37 °С. Тест-организм *Listeria monocytogenes* EGD<sub>e</sub>107776 инкубировали в ВНИ среде при температуре 37 °С.

Протеолиз казеинов проводили согласно Fira и соавт. [4]. Клетки полученные путем центрифугации (8000 об/мин) свежей культуры штамма промывали физиологическим раствором (0.8% NaCl) в присутствии 5мМ ионов Ca<sup>2+</sup> и разбавляли в фосфатном буфере (100 мМ, pH 7.0) до ОП600 нм, равной 10. Клеточную суспензию смешивали в равных пропорциях с субстратом (Na-казеинат 12 мг/мл) растворенным в том же буфере и инкубировали в течении 3 ч при температуре 37 °С. После инкубации клетки удаляли (центрифугирование, 12000 об/мин) и супернатант проверяли на наличие гидролиза при помощи SDS-ПААГ-электрофореза и ОФ ВЭЖХ. Этот же супернатант использовали для дальнейших экспериментов.

**Протеолиз казеинов в условиях *in vitro* симулированной желудочно-кишечной системы** проводили по методике, описанной Моцесосу и соавт. [10]. Гидролизат казеинов штаммом, а также нативный субстрат, не подверженный гидролизу клетками штамма (контроль), подвергали дальнейшему гидролизу пепсином и панкреатином. Гидролиз пепсином проводили в течении 1 часа при pH

2.0 и температуре 37 °С. Концентрация пепсина (Sigma, 4720 ЕД/мг протеина) рассчитывалась из соотношения фермент/субстрат 1/400, соответственно. Следующий этап гидролиза проводили панкреатином (Sigma) при pH 8.0 и температуре 37 °С в течении 2 ч. Концентрация панкреатина составляла 0.1% (в/о). После каждого этапа гидролиза гидролизаты анализировали при помощи SDS-ПААГ-электрофореза и ОФ ВЭЖХ.

**Анализ гидролиза субстрата и образования пептидов** проводили при помощи SDS-ПААГ-электрофореза и обращённо-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ ВЭЖХ). SDS-ПААГ-электрофорез с концентрацией акриламида 15% проводили в аппарате Mini Protean II Gel Electrophoresis (Bio-Rad Hercules, Калифорния, США) по методу Laemmli [8]. Гидролизаты смешивали в равном количестве с раствором для введения образцов в гель (SDS 4%; Трис HCl 50 мМ pH 6,8; глицерин 20%; бромфенол синий; β-меркаптоэтанол) и подвергали термической обработке для денатурации белков (100°С, 3 мин).

ОФ ВЭЖХ проводили на жидкостном хроматографе «Waters system» (Alliance system, Milford, MA) снабженном колонкой «Symmetry C18» (5 μм, 2.1 мм x 150 мм). Элюирование проводили в условиях линейного градиента раствора В (80% ацетонитрил, 20% деионизированная вода, 0.09% трифторуксусная кислота (ТФУ)) от 0 до 100 % при расходе элюента 0.2 мл/мин. Колонку предварительно промывали раствором А (деионизированная вода, 0.11% ТФУ). Определение осуществляли при длине волны в интервале 220-330 нм при помощи диодного спектрофотометра (модель 996, Waters).

**Тестирование гидролизатов на наличие антимикробной активности.** Антимикробную активность гидролизатов, полученных после каждого этапа гидролиза, проверяли луночно-диффузным методом [11]. В качестве тест-организма использовали *Listeria monocytogenes* EGD<sub>e</sub>107776.

## Результаты

Как уже было описано выше, гидролиз казеинов проводился в три этапа: гидролиз протеазами штамма *Enterococcus faecalis* AN1, гидролиз пепсином и гидролиз панкреатином. Профиль протеолиза казеинов на всех указанных этапах показан на Рис. 1. Как видно на рисунке, уже через 3 ч инкубации клеток штамма с субстратом происходил его частичный гидролиз с образованием большого количества пептидов (линия 2). После гидролиза пепсином, профиль пептидов на геле отличался для контроля (субстрат без предварительного гидролиза штаммом) и гидролизата (линии 3 и 4). Из этого можно заключить, что предварительный гидролиз казеинов протеазами штамма *Enterococcus faecalis* AN1 улучшает их переваривание пепсином. После гидролиза панкреатином наблюдалось полное расщепление субстрата, как в случае контроля, так и в случае гидролизата (линии 5 и 6).

Хроматографический профиль пептидов, образующихся при гидролизе казеинов штаммом *Enterococcus faecalis* AN1, показан на Рис. 2. В результате гидролиза казеинов штаммом наблюдалось образование большого количества олигопептидов среднего размера и гидрофобности, а также небольшого числа более гидрофильных пептидов меньшего размера. Гидролизат казеинов протеазами штамма проявил антимикробную активность против *Listeria monocytogenes* EGDe107776 (данные не показаны). Далее гидролиз продолжали пепсином. Антимикробная активность, ранее наблюдаемая для гидролизата казеинов клетками штамма *Enterococcus faecalis* AN1, сохранялась после гидролиза пепсином, однако при воздействии панкреатина полностью исчезала. Для контроля антимикробная активность отсутствовала на всех этапах гидролиза. Профиль пептидов, образующихся после гидролиза пепсином, различался для контроля и гидролизата наличием небольших пептидов между 15 и 20 мин элюции у последнего (Рис. 3). Вероятно, проявляемая антимикробная активность связана именно с наличием этих пептидов. В результате гидролиза панкреатином

эти пептиды частично расщеплялись (данные не показаны).

Полученные результаты позволяют заключить, что в результате воздействия протеаз штамма *Enterococcus faecalis* AN1 на казеины происходит специфичное расщепление субстрата с образованием антимикробных пептидов. Биологическая активность данных пептидов сохранялась при воздействии пепсина, однако полностью исчезала при гидролизе панкреатином, возможно, в результате их дальнейшего расщепления и деградациии активной аминокислотной последовательности. В перспективе дальнейшее изучение антимикробных пептидов, образующихся в результате протеолитической активности штамма *Enterococcus faecalis* AN1, определение их аминокислотной последовательности и оптимизация условий для их образования. Однако данные, полученные уже на этом этапе исследования, позволяют заключить, что исследуемый штамм обладает потенциалом в производстве функциональных молочных продуктов.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Ahmadova A., Abdullayeva N.A., Quseynova N.F., Quliyev A.A. Milk caseins hydrolysis by strain *Enterococcus faecalis* AN1 //Proceedings of the Azerbaijan National Academy of Sciences. – 2010. – № 6. – P. 25-85.
2. Centeno J.A., Menendez S., Hermida M., Rodriguez-Otero J.L. Effect of the addition of *Enterococcus faecalis* in Cebreiro cheese manufacture.// International Journal of Food Microbiology. – 1999. – V. 48. – P. 97-111.
3. Exterkate F., Alting A., Bruinenberg P. Diversity of cell envelope proteinase specificity among strains of *Lactococcus lactis* and its relationship to charge characteristics of the substrate-binding region.// Applied and Environmental Microbiology. 1993. – V.59. – P. 3640-3647.
4. Fira D., Kojic M., Banina A. et al. Characterization of cell envelope-associated proteinases of thermophilic lactobacilli // J.Appl.Microbiol. 2001. – V. 90. – P. 123-130.
5. Gobetti M., Stepaniak L., De Angelis M., Corsetti A. and Di Cagno R. Latent bioactive peptides in milk proteins: proteolytic activation and significance in dairy processing. // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. – 2002. V. 42. P. 223–239.

6. Kamysu W., Okroj M., and Lukasiak J. Novel properties of antimicrobial peptides // *Acta Biochim. Pol.* – 2003. – V.50, P. 236–239.
7. Kunji E.R.S., Mierau I., Hagfing A., Poolman B.I., Konings W.N. The proteolytic systems of lactic acid bacteria // *Antonie van Leeuwenhoek.* – 1996. – V.70, P.187-221.
8. Laemmli U. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 // *Nature.* – 1970. – V.227. P. 680-685.
9. Lahov E., and Regelson W. Antibacterial and immunostimulating casein-derived substances from milk: casecidin, isracidin peptides. *Food Chem.Toxicol.* – 1996. V.34. P.131-145.
10. Mouecoucou J., Villaume C., Sanchez C., Mejean L.  $\beta$ -Lactoglobulin/ polysaccharide interactions during in vitro gastric and pancreatic hydrolysis assessed in dialysis bags of different molecular weight cut-offs.// *Biochim.Biophys.Acta*, 22.01.2004. – V.1670. – is.2. P.105–112.
11. Tagg J., Dajani A., Wannamaker L. Bacteriocins of Gram-positive bacteria // *Bacteriol.Rev.* – 1976. – V.40. P.722–756.

УДК 582.572.7

**Фараджи С<sup>1</sup>., Гасымов Ш<sup>2</sup>., Надери Р<sup>3</sup>., Басаки Т.С<sup>4</sup>.**

<sup>1,2</sup> Центральный ботанический сад

Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку)

<sup>3</sup> Тегеранский университет (г. Карадж, Иран)

<sup>4</sup> Научно-исследовательский центр Исламского университета Азад (г. Тегеран, Иран)

## **ВЛИЯНИЕ ИНДОЛИЛ УКСУСНОЙ И ГИБЕРЕЛЛИНОВОЙ КИСЛОТ НА РОСТ, ЦВЕТЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКУ ЛУКОВИЦЫ ГЛАДИОЛУСА (GLADIOLUS GRANDIFLORUM VAR. WHITE PROSPERITY)\***

**S. Faraji<sup>1</sup>, Sh.N. Gasimov<sup>2</sup>, R. Naderi<sup>3</sup>, T. Basaki<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup> Central Botanical Garden, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan; <sup>3</sup> University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>4</sup> Department of Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### **EFFECTS OF GIBBERELIC ACID AND INDOLE-3-ACEDIC ACID ON FLOWERING, STALK ELONGATION AND BULB CHARACTERISTICS OF GLADIOLUS [GLADIOLUS GRANDIFLORUM VAR. WHITE PROSPERITY]]**

**Аннотация.** Гладиолус (*Gladiolus grandiflorum* var. *white prosperity*) является широко культивируемым в мире луковичным цветущим растением. Основная потеря урожая гладиолуса связана с хранением и транспортировкой. Краткость жизни срезанных цветов гладиолуса способствует понижению их качеств и уменьшает конкурентоспособность ее при продаже. В представленной работе изучено влияние индолил уксусной (ИУК) и гиббереллиновой (ГК) кислот на рост, первичное цветение, фазы цветения и образование луковицы. В ходе работы ГК использовали в концентрации 50 (G1), 100 (G2) и 150 (G3) ppm, а ИУК 100 (I1), 150 (I2), 200 (I3) ppm. В контрольном варианте не использовали ИУК и ГК. Луковицы гладиолуса были заражены указанными концентрациями ИУК и ГК в течении 6 часов и затем были посажены. По полученным результатам было установлено, что вариант G3 является более эффективным в течении 12 суток после посадки, а контрольный вариант все время (в течение 21 суток) характеризовался низкими показателями. Использование G1 стимулировало цветение. Результаты показали, что G2 имеет самый большой розетт цветок (120 мм), при этом в контроле диаметр цветка был 83,5 мм. При использовании G3, луковичные листья были самым крупными и инфицированными, ГК вызвало увеличение продолжительность жизни срезанных цветов.

**Ключевые слова:** Гладиолус, индолил уксусная и гиббереллиновая кислоты, цветение, луковичная масса.

**Abstract.** *Gladiolus (gladiolus grandiflorum* var. *white prosperity*) is one of the most popular species of bulbous flowering plants widely cultivated in the world. The failure of cut gladiolus flowers to open fully after transportation and storage is a major post harvest problem. The marketability of these cut flowers is limited by their short life. This study was carried out to determine the effect of gibberellic acid (GA) and indole-3-acetic acid (IAA) on germination, onset flowering, open flower, vase life and bulb formation of gladioluses (var. *white prosperity*). Gibberellic acid at a concentration of 50 (G1), 100 (G2) and 150 (G3) ppm and indole-3-acetic acid at a concentration of 100 (I1), 150 (I2), 200 (I3) ppm were applied. In the control group neither GA nor IAA were used. Primarily, bulbs were treated with the indicated concentrations of gibberellic acid and indole-3-acetic acid solely for 6 hours then planted. According to the results obtained, application of GA (G3) had the highest effect on germination (12 days after being planted), whereas the control group had lowest effect (within 21 days). The use of GA at a concentration of 150 ppm stimulated flowering. The results obtained indicated that the GA application (G3) resulted in the largest diameter of the flower rosettes (120mm) compared to the control group (83.5 mm). Treatment with GA (G3) caused an increase in the vase life of cut flowers and in the bulb weight which was the highest among all groups.

**Key words:** gladiolus, gibberellic acid, indole-3-acetic acid, flowering, bulb weight.

In the world, 90% of bulb flowers (ornamental geophytes) production area comprise with tulip, gladiolus, hyacinth, iris, lily and narcissus, gladiolus is the major produced bulb flower all over the world (Pakistan 1). Researches on bulb flower aimed increase stalk elongation, bulb quality and stimulate early flowering in recent years, thus, researcher applied different temperature treatments and different doses of plant growth regulators (PGR) before or after sowing as gibberellic acid (GA<sub>3</sub>), benzyl amino purin (BA) and alpha naphthalene acetic acid (NAA). Bulbs were injected in 5°C temperature at the sowing time, ethephon was sprayed on the plant at the onset of flowering. GA<sub>3</sub> reduced forcing time, increased the number of bulblets, but decreased their size. The involvement of gibberellins in the regulation of stem elongation and flowering has been implicated by cold requiring plants, including tulip. The failure of gladiolus after transported a major harvest problem [6]. Several treatments with GA<sub>3</sub> also have been used to prevent leaf senescence in range of cut flower. Species as chrysanthemum including to alstroemeria [4]. Other important factor in the deterioration of cut flowers diminishing of respiration of substrates, the speed of changes depend on amount of reserves that present in the flower when they have cut IAA, NAA and IBA application on buds of Guodoshnik stimulated stalk elongation [2]. In this regard, the effects of different doses of GA<sub>3</sub> (Gibberellic acid) and IAA (indole-3-acetic) on flowering, stalk elongation and bulb yield of *Gladiolus grandifolium* have some prosperity.

### Material and methods

Plant materials: Experiments were carried out in Department of Agricultural and Natural Resources Research Center of Arak, in Iran, in 2009-2010. Bulbs were placed in plastic vases containing IAA with concentrations of 100, 150 and 200 mg/l, and GA<sub>3</sub> with concentrations of 50, 100 and 150 mg/l. The vases containing various concentrations of IAA and GA<sub>3</sub> were arranged in a completely randomized design (CRD) with 3 replications. Bulbs were grown under commer-

cial conditions in field. Bulb germination expressed as the percentage of bulb which produces normal seedling [5] GA<sub>3</sub> effect on germination. The flowers will reach on an emergent shoot enclosed within 7 leaves. The flowering stage was determined by onset of flower on stalk. Specified samples were picked up when the first bud show full color. Cut samples were transported to the laboratory. The cut flowers were immediately placed into 300 cc glasses containing water. During the experiment light intensity was same to natural light, temperature was 20 ± 2 and relative

humidity was 60% until last vase life ends. Diameter floret determined. The vase life of gladiolus as cut flowers was determined by changes carbohydrate content in leaves and petals and also chlorophyll content in leaves. The bulbs were dismantled from november, individual bulb weight (gr) was estimated.

**Data analysis:** Data were analyzed using one-way ANOVA with the generalized liner model procedure of SAS (Version 9.1, SAS institute Inc., Cary, NC, USA), Significant ( $P \leq 0.01$ ) treatment effects were determined by ANOVA and data means were separated by the LSD test at  $P = 0.01$ .

**Results and discussion:** According to the results of the variance analyses emergency of bulb, time of flowering, diameter floret, vase life and weigh of bulbs affected by PGR treatments. There were significant effect ( $p \leq 0.01$ ) obtained from bulb after treated with IAA and GA<sub>3</sub>. The effects of hormone on germination of bulb determined between 12 day (GA<sub>1</sub>) and 16 day after sowing. Gibberellic acid by concentration 150 mg/l significantly stimulated onset of flower on stalk well than other studied treatments (Table 1). In addition, it was found that provision of 150 mg/l IAA stimulated early flowering in comparison with other IAA treatment. Effects of GA application were found more stimulate than IAA (Table 1). GA by stimulation ∞ amylase activity increased degradation of starch and induce in energy supply for germination and growing. The involvement of gibberellins in the regulation of stem elongation and flowering has been implicated in cold-requiring plant. In this investigation GA and IAA application

affected increase diameter of florets and stalk elongation, in bulb plants auxin is also necessary for stalk elongation. Removal of the flower bud and leaves, both major auxin sources, before the rapid elongation of the floral stalk, it considerably reduces floral stalk elongation, whereas application of IAA reverses this effect (14, 11,21 Pakistan). Treatment with 100 mg/l GA and 150 mg/l IAA was the most effective about increasing diameter of florets (Table 1). PGR reduced water loss and increased water uptake, therefore improving the water balance [3]. It was found that GA and IAA increase longevity in cut flower. GA have active influence effect on amylase enzyme, for total soluble carbohydrate content-increase

that carbohydrate may have contributed to the energy pool and increased osmotic potential of flower [1], treatment with GA increases content of carbohydrate in petal against to the leaves. In general, all PGR application increases bulb weight. G2 gave highest values with 625 gr and the lowest values were obtained from G1 1085 gr. In this respects, GA and IAA applications was favorable. Ingestion of PGR by bulb flower immediately before sowing resulted in a higher fresh weight.

As a result of the study, all GA and appropriate dose of IAA has found very useful practice to enhance number of early flower, germination, stalk elongation and weight bulb.

*Table 1:* The effect of application on germination, early flowering, stalk elongation, diameter of floret, bulb weight

Application	Germination (day after sowing)	Onset pedicel (day after sowing)	Stalk elongation	Diameter floret (mm)	Bulb yield (gr)	Vase life (day)
Control	22b	74c	62/3ab	85ed	725/5b	8c
50 ppm GA	14a	54a	68/6a	97/5b	1085ab	12a
100 ppm GA	13a	59b	69/3a	119/2a	1625a	10/1ab
150 ppm GA	12a	55a	66a	96/8b	1207ab	10/6ab
100 ppm IAA	16a	61b	62ab	117/71a	1267ab	11ab
150 ppm IAA	16a	60b	61ab	88/1cd	1535a	10bc
200 ppm IAA	15a	58/3ab	62/3ab	93/6cb	1395ab	11/6bc

Values with different superscripts inside columns are significantly different (p\_0.01)

## REFERENCE

1. Andrew J., Mannish. at. al. Treatment with thidiazuron improves opening and vase life of iris flowers // *Postharvest Biology and Technology.* – 2010, 56:77-84.
2. Banasik L. and Saniewski M. The effects of different auxins on tulip stalk elongation // *Acta. Hort.*, 1985, 167:193-204.
3. Emongor V. and Shwenyane T. Effect of Accel on the post harvest vase life of Easter lily. // *Tanzania Agric. Sci.*, 2004. – 3:170-174.
4. Ferranti A., Toghoni M. and Sera G. Treatment with thidiazuron for preventing leaf yellowing in cut tulip sand chrysanthemum // *Acta. Hort.*, 2003. – 624: 357-363.
5. ISTA. International rules for seed testing.// *Seed Sc. & Tech.* 1985. – 13: 322-341.
6. Mayak S., Halevy A. The action of kinetin in improving the water balance and delaying Senescence processes of cut rose flower // *Physiologic Plantarum.* 1974. – 32:330-336.

УДК 57.088.1

*Цветков И.Л., Поликарпова Л.В., Коницев А.С.*  
*Московский государственный областной университет*

## НОВЫЙ МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕАЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛУОРЕСЦЕНТНО МЕЧЕННЫХ ОЛИГОНУКЛЕОТИДОВ В КАЧЕСТВЕ СУБСТРАТА

*I. Tsvetkov, L. Polykarpova, A. Konichev*  
*Moscow Regional State University (Moscow, Russia)*

### A NEW METHOD FOR QUANTITATIVE DETERMINATION OF DEOXYRIBONUCLEASE ACTIVITY USING FLUOROPHORE LABELED OLIGONUCLEOTIDES AS A SUBSTRATE

*Аннотация.* Разработан новый метод количественного определения активности дезоксирибонуклеаз, позволяющий исследовать кинетику ферментативной реакции. В качестве субстрата дезоксирибонуклеаз (ДНКаз) предлагается синтетический двуцепочечный или одноцепочечный олигонуклеотид длиной 25-30 н., несущий флуоресцентные метки в качестве сигнального флуорофора и его тушителя (акцептора энергии испускания). Гидролиз олигонуклеотида ДНКазой в любом месте его короткой последовательности приводит к разобщению меток и появлению сигнала флуорофора, который свидетельствует о накоплении продукта ферментативной реакции. Данный метод применен для определения активности и константы Михаэлиса ДНКаз из пищеварительной железы прудовика обыкновенного.

*Ключевые слова:* Дезоксирибонуклеаза, определение активности дезоксирибонуклеазы, субстрат дезоксирибонуклеазы, двуцепочечный олигонуклеотид, флуоресценция, сигнальный краситель и тушитель флуоресценции

*Abstract.* We have developed a new method for quantitative assessment of the activity of deoxyribonucleases, which makes it possible to investigate the kinetics of enzymatic reactions. As a substrate of deoxyribonucleases (DNase) use is made of a synthetic double- or single-stranded oligonucleotide of length 25 – 30 b, which carries fluoretic labels as a reporter and quencher (emission energy acceptor). Hydrolysis of this oligonucleotide of the DNase in any place of its short sequence leads to dissociation and to appearance of the reporter signal, which indicates the accumulation of the product of the enzymatic reaction. This method is used to determine the activity and the Michaelis constant of DNase from digestive gland of the pond snail.

*Key words:* deoxyribonuclease, determination of deoxyribonuclease activity, substrate of the deoxyribonuclease, double-stranded oligonucleotides, fluorescence, reporter and quencher of fluorescence.

Ставшие классическими методы определения активности дезоксирибонуклеаз (ДНКаз) основываются на способности этих ферментов гидролизовать полимерную молекулу ДНК с высвобождением более коротких её фрагментов (эндонуклеазы) или отдельных нуклеотидов, отщепляемых с 5'- или 3'-конца (экзонуклеазы). В результате гидролиза полимерная молекула ДНК деградирует, и концентрация высокомолекулярной ДНК в реакционной смеси уменьшается [1; 4]. Наблюдать за ходом реакции можно разными способами, но все они сводится к определению остаточной концентрации высокомолекулярной ДНК, которую измеряют непосредственно по величине поглощения раствора при 260 нм (после освобождения от олигонуклеотидных фрагментов ДНК – продуктов ферментативной реакции) или после окрашивания специфичными красителями, позволяющими работать в видимой области спектра поглощаемого света (например, крезоловый красный).

Данные методы широко распространены в практике биохимических и медицинских исследований, однако не лишены существенных недостатков, которые связаны с физико-хими-

ческими особенностями субстрата ДНКаз – молекулы ДНК. Один из них – сложность дифференциации (разделения) олигонуклеотидов и высокомолекулярной ДНК, поскольку в ходе реакции образуется масса промежуточных продуктов – фрагментов ДНК, которые существенно меньше исходной молекулы. Присутствие этих промежуточных продуктов реакции затрудняет точное определение остаточной концентрации высокомолекулярной ДНК и приводит к значительной погрешности в расчет активности ДНКазы. Более того, методы, сопряженные с физической элиминацией олигонуклеотидов по окончании реакции, например, путем осаждения высокомолекулярных фракций этанолом, допускают неизбежные потери при осаждении и последующем растворении остаточной ДНК и как следствие, столь же неизбежную ошибку в результатах измерений.

Другой существенный недостаток классических методов определения активности ДНКазы – использование субстрата, в котором число гидролизуемых ферментом связей не только превышает одну, но и вообще практически ничем не ограничено, а это не позволяет исследовать кинетические характеристики работы фермента, в частности зависимость скорости реакции от концентрации субстрата, что необходимо для определения константы Михаэлиса ( $K_m$ ). В тоже время это весьма существенный признак, по которому можно дифференцировать отдельные изоферменты и множественные формы (в очищенных препаратах), оценивая степень их сродства к субстрату, а также характеризовать молекулярную изменчивость у организма, происходящую вследствие существования в определенных условиях обитания [2; 3].

С целью повысить точность определения активности ДНКазы, сделать эту процедуру более технологичной и получить возможность исследовать зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата, мы разработали новый метод, который основан на использовании в качестве субстрата синтетического олигонуклеотидного фрагмента ДНК (одно- или двуце-

почечного), меченого парой флуорофоров: сигнальный краситель и тушитель флуоресценции, аналогично зондам типа *TaqMan* для проведения ПЦР с детекцией продуктов в реальном времени.

## Материалы и методы

Материалом служили моллюски прудовик обыкновенный (*Limnaea stagnalis* L.), из пищеварительной железы которого получали экстракт водорастворимых белков путем гомогенизации с 10-кратным объемом 0,15М NaCl и последующего центрифугирования при 10000 g и 4°C для освобождения от клеточного дебриса. Концентрацию белка в полученном экстракте определяли методом Лоури. Для проведения ферментативной реакции в реакционной пробирке смешивали 20 мкл инкубационной среды (0,05М ацетатный буфер с оптимальным рН 4,2), содержащей 50 пмоль субстрата, и 0,5-1 мкг белка в 5 мкл водного раствора. Пробирку помещали в детектирующий термоциклер ДТ-96 (ООО «НПО ДНК-Технология»), предназначенный для проведения ПЦР с детекцией продуктов в реальном времени, где инкубировали сначала 30 сек. при 37°C для выравнивания температуры в пробирках и инициации реакции, а затем при той же температуре еще 300 циклов по 20 сек., после каждого из которых прибором регистрировалась величина флуоресценции сигнального красителя, высвобождавшегося в процессе реакции. За единицу принимали такую каталитическую активность ДНКазы, которая вызывает прирост интенсивности флуоресценции реакционной смеси на 1 ед. за 1 мин. Прирост интенсивности флуоресценции определяли по разнице между начальным (1-й цикл) и конечным (300-ый цикл или тот, после которого изменений флуоресценции не наблюдалось – кривая флуоресценции выходила на плато) ее значениями. Контролем считали разницу величин флуоресценции, полученную в тех же условиях без белка, которая практически всегда равнялась нулю. При вычислении константы Михаэлиса измерения производили

аналогично, но для каждого исследуемого образца готовили серию растворов субстрата так, чтобы его конечная концентрация составляла от 0,1 до 4 мкМ (от 2,5 до 100 пмоль на реакцию), а также раствор без субстрата в качестве начальной точки.

Субстратом ДНКазы служил синтетический двуцепочечный олигонуклеотид (олиго-дцДНК, 27-30 п.н.), одна из цепей которого несет две флуоресцентные метки. На 5'-конце (ОН-Pi) – сигнальный краситель 5(6)-карбоксих-родамин (ROX, максимум поглощения – 580 нм, испускания – 605 нм), на 3'-конце (ОН-дезоксирибоза) – его тушитель ВНQ-2 (Black Hole Quencher), который является акцептором возбуждения сигнального красителя, пока ковалентные связи между ними не нарушены, т. е. олиго-дцДНК не поврежден ДНКазой. Данная схема мечения олигонуклеотидов широко используется для конструирования олигонуклеотидных зондов на основе одноцепочечной ДНК (олиго-оцДНК) для ПЦР с детекцией продукта в реальном времени (*TaqMan*-зонды).

В нашем случае к *TaqMan*-зонду была синтезирована комплементарная немеченая олиго-оцДНК, которая после смешивания со своим меченым гомологом в эквимольных количествах была гибридизована путем инкубации 1 мин при 95°C и 40 мин при 60°C (на 5°C ниже расчетной температуры плавления олиго-оцДНК). Синтез олиго-дцДНК был произведен с целью повышения сродства к ДНКазе, поскольку олиго-оцДНК этот фермент гидролизует с меньшей на 20-40% эффективностью. В тоже время есть сведения о ДНКазах, которые специфически гидролизуют именно одноцепочечную ДНК, таким образом, используя в качестве субстрата олиго-оцДНК (при отсутствии в первичной структуре ДНК последовательностей, образующих шпильки и гомодимеры) можно дифференцировать активность таких ферментов и исследовать субстратную специфичность не изученных ранее форм ДНКаз. По нашему предположению, активность рибонуклеаз (РНКаз) можно определять совершенно аналогичным образом, используя в качестве

субстратов как олиго-оцРНК, так и олиго-дцРНК, однако на практике это предположение мы пока не проверяли.

## Результаты и обсуждение

Поскольку интенсивность флуоресценции в условиях проведения эксперимента прямо пропорциональна концентрации образовавшегося продукта – дезинтегрированного олиго-дцДНК и связанных с ним флуорофоров сигнального красителя и его тушителя, кривые изменения флуоресценции в реакционной смеси показывают, насколько быстро в ходе реакции гидролизировался субстрат и накапливался продукт (рис. 1 и 2, графики сгенерированы программным обеспечением «Real time PCR v. 7.3» к прибору ДТ-96 в отчетном протоколе о результатах анализа; условия проведенных экспериментов отличались количеством белка, взятого в реакцию, на рис. 1 – 0,5 мкг/р-цию, на рис. 2 – 1 мкг/р-цию, что отразилось на разном времени исчерпания субстрата). Поскольку статистически достоверных изменений флуоресценции в реакционной смеси без белка не наблюдалось, мы полагаем, что накопление продукта может быть обусловлено только активностью ДНКаз пищеварительной железы прудовика.

Собственно экстракт белка из пищеварительной железы прудовика флуоресценции реакционной смеси не вызывает, поскольку таковая отсутствует в пробах, где отсутствовал субстрат. Кроме того, флуоресценция проб с очень низкой концентрацией субстрата (1 мкМ и менее) хоть и улавливалась детектором, но была очень мала и менялась весьма непродолжительное время (в пределах до 50 циклов от начала реакции, т. е. в течение около 15 мин), что очевидно свидетельствует об исчерпании субстрата в реакционной смеси (см. рис. 1 и 2, соответствующие кривые изменения флуоресценции могут быть локализованы по их описанию в вышеприведенном тексте). Поскольку для количественного определения активности фермента, а точнее, скорости ферментативной реакции кроме прироста содержания продукта требуется

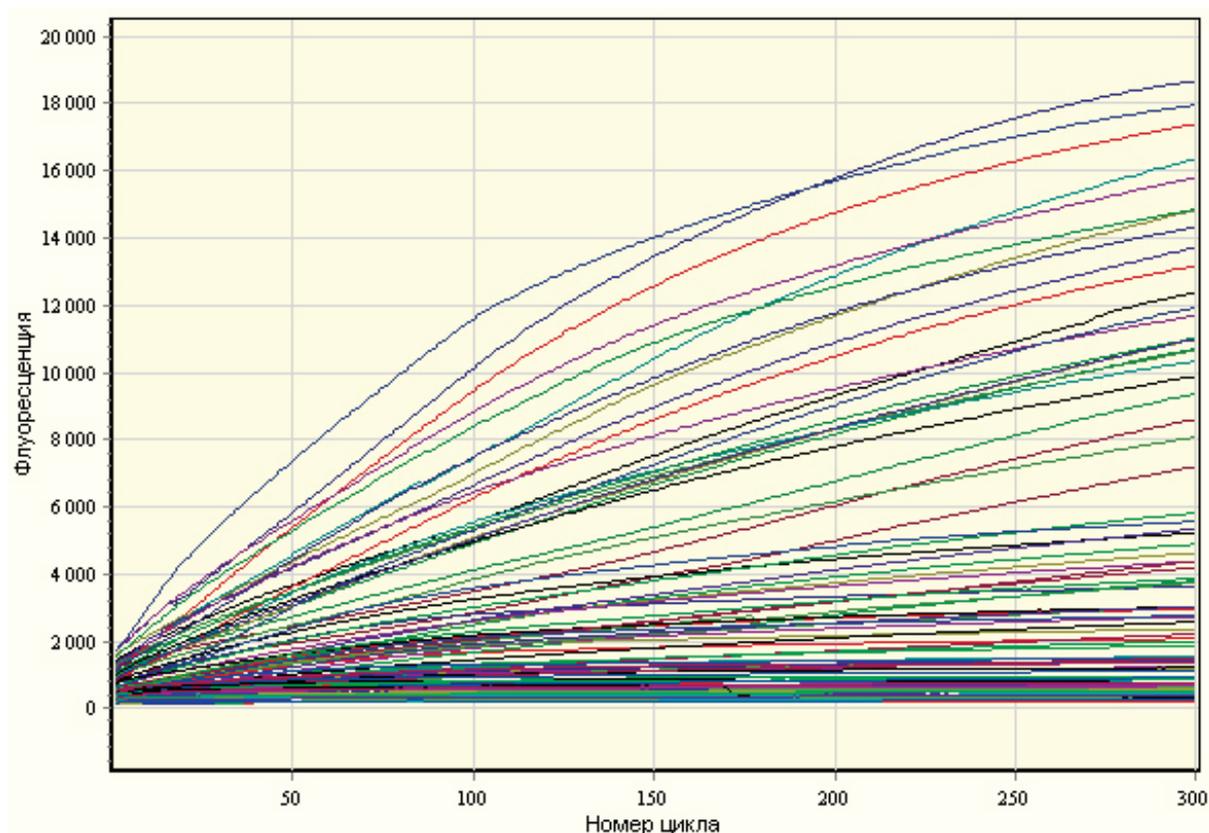


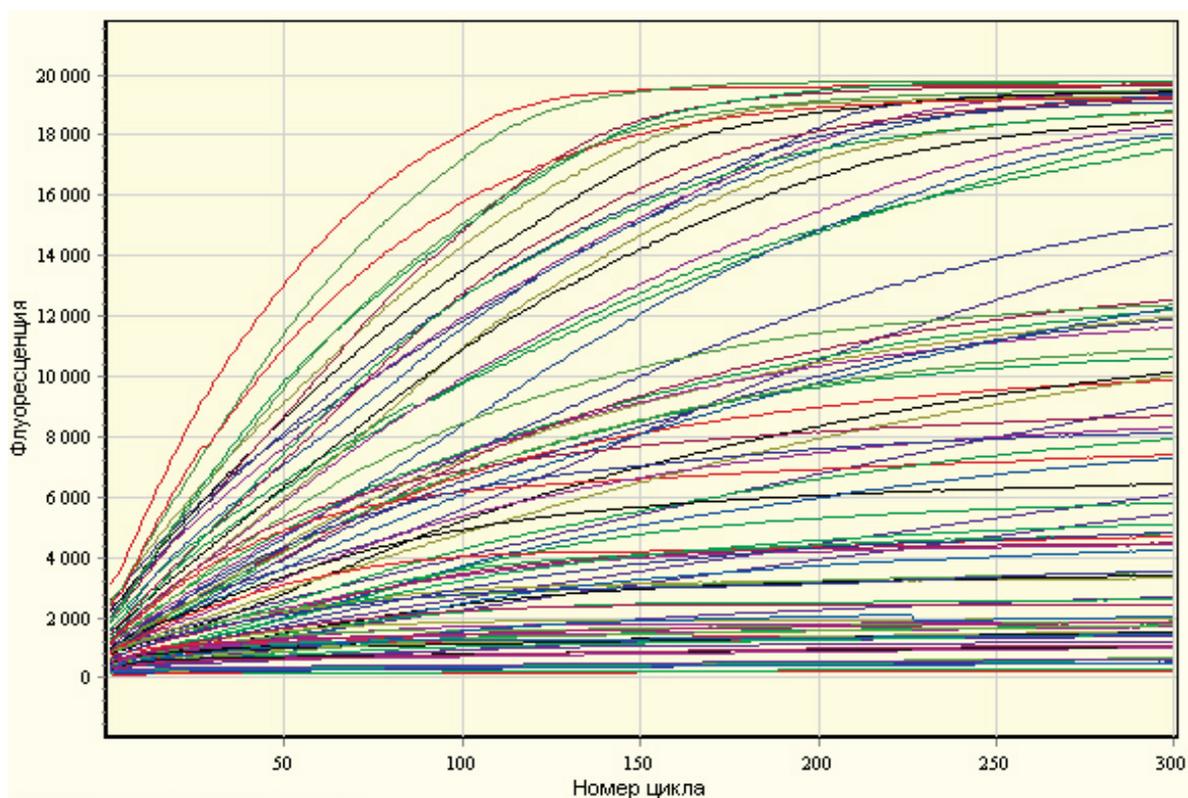
Рис. 1. Кривые флуоресценции – накопление продукта происходит в течение всех 300 циклов (100 мин).

знать время, в течение которого наблюдался этот прирост, для каждой кривой или всей группы кривых изменения флуоресценции в пределах одного опыта мы устанавливали число циклов измерения флуоресценции, прошедших до момента выхода кривой на плато. Это позволило избежать погрешности вычислений, связанных с введением временной характеристики на этапе когда ферментативная реакция уже остановилась.

Чтобы избежать подобных сложностей в дальнейшем, мы планируем измерять активность ДНКазы с заведомо избыточной концентрацией субстрата, чтобы она не лимитировала скорость ферментативной реакции, и тогда время протекания реакции можно будет устанавливать одинаковым для всех экспериментов. Впрочем, чтобы точно определить, какая концентрация субстрата является избыточной, также очень удобно использовать детекцию продукта в реальном времени. Это помогает оптимизировать условия реакции значительно

эффективнее, нежели только выявление разницы между начальным и конечным значениями интенсивности флуоресценции.

Определение  $K_m$  ДНКазы прудовика было заключительным этапом нашей работы, а её результаты стали еще одним доказательством прямой связи измеряемого нами изменения флуоресценции реакционной смеси с накоплением продукта ферментативной реакции с субстратом – флуоресцентно меченой олиго-дцДНК, а также подтверждением нашего предположения о том, что олигонуклеотид может представлять собой субстрат, отвечающий требованиям и пригодный для изучения кинетики ферментативной реакции. Действительно, чтобы зарегистрировать флуоресценцию сигнального красителя достаточно разрыва только одной нуклеотидной связи в молекуле олиго-дцДНК, тогда как последующая деградация олигонуклеотида уже не отразится на уровне флуоресценции продуктов. При условии избытка субстрата



**Рис. 2.** Кривые флуоресценции – накопление продукта в значительной части проб происходит до максимального значения, далее не изменяется. Конечным циклом для всей серии опытов назначен 150-й; по величине флуоресценции на этом цикле рассчитывали активность фермента во всех реакциях.

вероятность того, что одна и та же молекула будет атакована ДНКазами неоднократно теоретически невелика, поскольку размеры олиго-дцДНК относительно малы. Из этого следует, что пока субстрат не будет исчерпан полностью, зависимость интенсивности флуоресценции от концентрации субстрата будет оставаться линейной, а после его исчерпания дальнейший распад фрагментов исходного меченого олиго-дцДНК на результаты измерения скорости реакции не повлияет.

На практике результаты измерений активности ДНКаз прудовика с серией концентраций субстрата вполне соответствовали ожидаемым (рис. 3). Максимальная активность ДНКаз, определенная у трех особей прудовика, различалась довольно существенно в соответствии с индивидуальными особенностями животных (пол, возраст, упитанность и пр.), в тоже время  $K_m$  у них оказалась практически равной, что свидетельствует о фундаменталь-

ных видоспецифичных молекулярных особенностях ДНКаз, на которых не сказывается функциональное состояние организма и срочная адаптация к условиям обитания, таких, как сродство к субстрату, характеристикой которого и является константа Михаэлиса.

### Заключение

Таким образом, разработанный нами метод количественного определения активности ДНКазы принципиально отличается от используемых в настоящий момент тем, что позволяет исследовать кинетические особенности нуклеаз совершенно аналогично другим ферментам, для которых уже известны подходящие для таких целей субстраты. Более того, измерение флуоресценции продукта не требует остановки реакции, а значит, позволяет непосредственно наблюдать за ходом превращения субстрата. Это

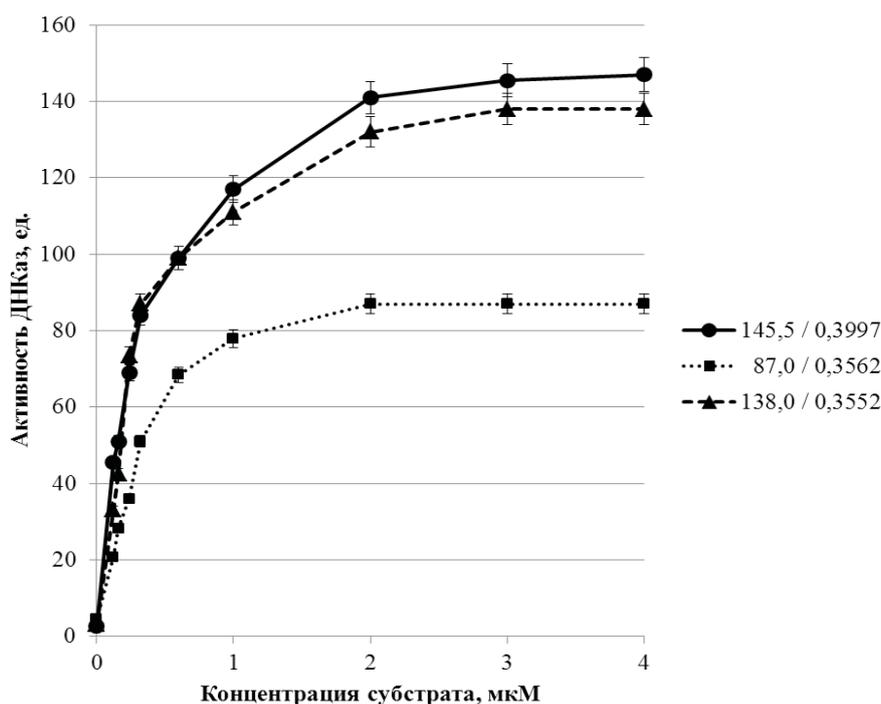


Рис. 3. График зависимости активности ДНКаз пищеварительной железы прудовика от концентрации субстрата – флуоресцентно меченой олиго-дцДНК. Три кривые соответствуют результатам измерений для трех особей прудовика, справа указаны  $V_{max}$ , ед. / Км,  $10^{-6}$  М.

обстоятельство не только важно для выявления кинетики ферментативной реакции, оно создает дополнительное удобство для оптимизации условий ее протекания. Предложенный нами метод отличается рядом других преимуществ, а именно большой точностью, основанной на измерении флуоресценции реакционной смеси, высокими технологичностью и пропускной способностью ввиду специфики используемого оборудования, а также прост для реализации и экономичен в отношении количества используемых реагентов. Его применение может существенно расширить круг решаемых научных и прикладных задач, а также повысить плотность и качество результатов исследований в самых разных областях биологии, химии и медицины.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бочкова А.П., Филиппович Ю.Б., Коничев А.С. Выделение, очистка и свойства кислой дезоксирибонуклеазы грены тутового шелкопряда // Биохимия. – 1982. – Т. 47. – Вып. 3. – С. 489-496.
2. Поликарпова Л.В. Константа Михаэлиса кислой фосфатазы как критерий внутривидовой дифференциации гидробионтов открытых водоемов Московской области // Сб. науч. тр. Междунар. заоч. науч.-практ. конф. «Наука сегодня: теоретические аспекты и практика применения» Тамбов, 28 октября 2011 г. – С. 98-100.
3. Поликарпова Л.В., Цветков И.Л., Коничев А.С. Константа Михаэлиса–Ментен кислой фосфатазы, как критерий антропогенного влияния на внутривидовую дифференциацию леща (*Abramis brama*) в Рыбинском водохранилище // Мат. IV Всерос. конф. по водной экотоксикологии, посв. памяти Б.А. Флерова «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы» 24-29 сентября 2011 г. Ч. 1. Борок: Изд-во ИБВВ им. И.Д. Папанина, 2011. – С. 203-207.
4. Соловьев В. Б. Практикум по энзимологии: учебно-методическое пособие / Ред. В.Б. Соловьев, М.Т. Генгин. – Пенза: Изд-во ПГПУ им. В.Г. Беллинского, 2007. – 52 с.

## РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ

УДК 535.71

**Стовбун С.В.<sup>1</sup>, Скоблин А.А.<sup>1</sup>, Занин А.М.<sup>1</sup>, Михайлов А.И.<sup>1</sup>,  
Твердислов В.А.<sup>2</sup>, Брагина Е.Е.<sup>3</sup>, Рыбин Ю.М.<sup>4</sup>, Агеев И.М.<sup>4</sup>, Шишкин Г.Г.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (г. Москва),

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

<sup>3</sup> НИИ физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ

<sup>4</sup> Московский авиационный институт (Государственный технический университет)

### СТРУКТУРНАЯ ДИНАМИКА РОСТА СТРУН В БИОМИМЕТИКАХ В СОПОСТАВЛЕНИИ С ПРОЦЕССАМИ КОММУТАЦИИ РЕАЛЬНЫХ КЛЕТОК

**S. Stovbun<sup>1</sup>, A. Skoblin<sup>1</sup>, A. Zanin<sup>1</sup>, A. Mikhailov<sup>1</sup>,  
V. Tverdislov<sup>2</sup>, E. Bragina<sup>3</sup>, Yu. Rybin<sup>4</sup>, I. Ageev<sup>4</sup>, G. Shishkin<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> N.N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow

<sup>2</sup> M.V. Lomonosov Moscow State University

<sup>3</sup> A.N. Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, M.V. Lomonosov  
Moscow State University

<sup>4</sup> Moscow Aviation Institute (State University of Aerospace Technologies)

### STRUCTURAL DYNAMICS OF GROWTH OF STRINGS IN BIOMIMETICS VERSUS REAL CELL SWITCHING PROCESS

**Аннотация.** Изучен рост хиральных струн в модельных растворах трифторацетилированных аминокспиртов (ТФААС) в гептане и воде в сравнении с формированием анизометрических объектов, обеспечивающих коммутацию биологических клеток. В гептане струны с диаметром порядка 1 мкм: а) спирально сплетены из более тонких струн; б) имеют на растущем конце венчик тонких струн, на которых конденсируется растворенный ТФААС. В воде картина аналогична, но в ряде случаев тонкие струны, входящие в венчик, ветвятся, порождая новые венчики. Приведены аналогичные явления, обнаруженные при наблюдении коммутации реальных клеток.

**Ключевые слова:** хиральность, струны, биомиметики, коммутация клеток.

**Abstract.** We have studied the growth of chiral strings in model solutions of trifluoroacetylated aminoalcohols (TFAAS) in heptane and water in comparison with the formation of anisometric objects providing switching of biological cells. In heptane, the strings with a diameter of about 1  $\mu\text{m}$  (i) are woven spirally of thinner strings, and (ii) have on the growing end the corolla of thin strings, which condenses the TFAAS dissolved. The situation in water is similar; however, in some cases, thin strings in the corolla branch out, creating new corollas. Similar phenomena found during the observation of switching of real cells are presented.

**Key words:** chirality, strings, biomimetics, switching of cells.

Спонтанное формирование струн – анизометрических (отношение длины  $L$  к диаметру  $d$ :  $L/d \sim (10^2-10^5)$ ) структурных объектов, обладающих заметной механической упругостью – при охлаждении или повышении концентрации модельных гомохиральных растворов трифторацетилованных аминокислот (ТФААС) в органических растворителях, и в отдельных случаях в воде, описано в [3-5; 10]. Аналогичные явления зафиксированы в биологических жидкостях [9; 10]. Выявлено, что ТФААС являются эффективными биомиметиками. Именно, с их помощью удалось получить физико-химические модели: а) биологических сред как анизометрических жидкостей [9], б) процессов информационной и силовой коммутации микробиологических объектов [1; 6; 7]; в) биологических клеток как целостных объектов [8].

В настоящей работе исследована динамика роста струн в растворах биомиметиков. Получены физико-химические модели ряда динамических процессов, протекающих при коммутации микробиологических объектов. Методом электронной микроскопии зафиксированы структуры, формирующиеся при коммутации реальных биологических клеток, аналогичные наблюдаемым в биомиметиках.

### Материалы, оборудование, методика

В качестве биомиметиков исследовались гомохиральные растворы трифторацетилованных аминокислот (ТФААС): ТФААС-1 с концентрацией 0.4 мг/мл в гептане, а также ТФААС-2 (гидрогелатора) с концентрацией 10 мг/мл в воде. ТФААС синтезированы в Лаборатории стереохимии ИХФ РАН, зав. лаб. проф. Р.Г. Костяновский; методика получения и свойства ТФААС описаны в [7; 11]; структурные формулы: ТФААС-1 – рис. 1, врезка; ТФААС-2 – рис. 5, врезка. Использовался гептан чистотой 99,9%, поставщик – фирма Химмед. Растворы ТФААС помещались в замкнутые плоские капилляры, представляющие две стеклянные пластинки, находящиеся на расстоянии 300 мкм друг от друга, соединенные герметиком, что исключало испарение

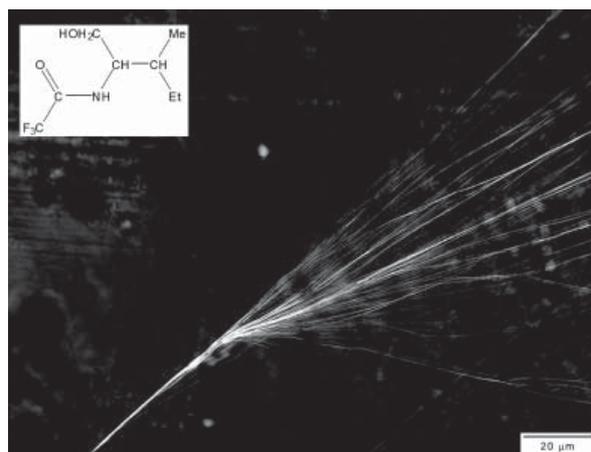


Рис. 1. КОС. Раствор ТФААС-1 в гептане, концентрация 0.4 мг/мл. Растущая струна, имеющая широкий венчик.

растворителя. В образцах создавались неравновесные условия, инициирующие кинетические процессы. Для этого образцы нагревались до 70° С с помощью элементов Пельтье (растворы ТФААС-1) или с помощью потока горячего воздуха из фена (растворы ТФААС-2) и затем остывали за счет оттока тепла в окружающую среду. Процессы, происходящие при остывании образцов, фиксировались: для растворов ТФААС-1 с помощью компьютеризированного оптического стенда (КОС) на основе микроскопа BX51 «OLYMPUS» (Research system microscope), изготовитель – OLYMPUS CORPORATION (Япония); для растворов

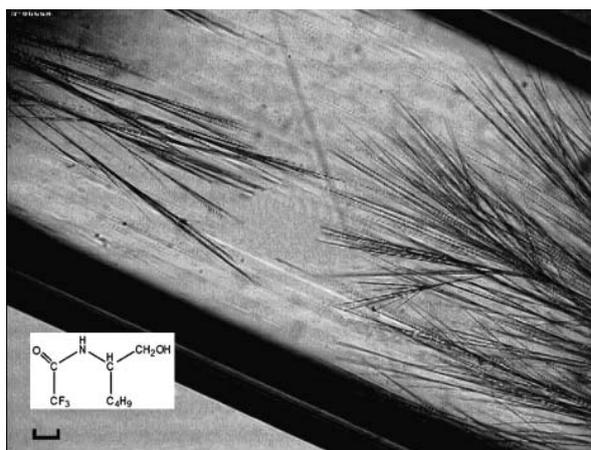
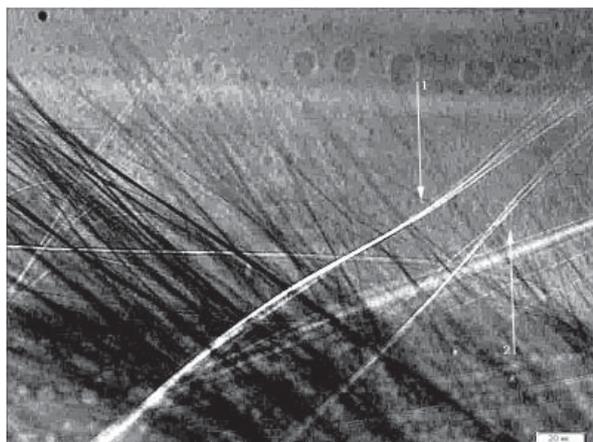


Рис. 5. ОМ. Длина масштабного штриха 100 мкм. Раствор ТФААС-2 в воде. Две группы струн, растущих навстречу друг другу.

ТФААС-2 – с помощью оптического микроскопа (ОМ) CARL ZEISS JENA (Германия).

Для исследования процессов коммутации клеток использовалась перевиваемая культура клеток VERO. Клетки выращивали на покровном стекле в среде Игла-МЕМ (Gibco, США) с 15% эмбриональной сывороткой. Клетки фиксировали 2,5% раствором глутарового альдегида (Ted Pella Inc, США) на 0,1М какодилатном буфере (pH 7,2-7,4) (Sigma, США). В культуральную среду добавляли 0,1 мл фиксатора, после чего среду удаляли, к клеткам добавляли свежий фиксатор и фиксировали при +4°C в течение 2 ч. Материал дофиксировали 1% раствором осмиевой кислоты (Serva, Германия), дегидратировали в градиенте этанола (50% – 30 мин, 70% – 2 ч, 96% – 2 ч) и ацетоне (2 – 24 ч).

Препарат высушивали в критической точке возгонки углекислоты (Critical Point Dryer HCP-2, Hitachi), рабочий газ CO<sub>2</sub>, промежуточная среда – ацетон. Покровные стекла с клетками прикрепляли к столикам для сканирующей электронной микроскопии, напыление проводили в ионнораспылительной установке ИВ-3 (Eiko, Япония) сплавом золота и палладия (примерная толщина напыления 25 нм). Микрографии получали при помощи сканирующего электронного микроскопа CamScan S-2 (Cambridge Instruments, G.D) при ускоряющем напряжении 20кВ.

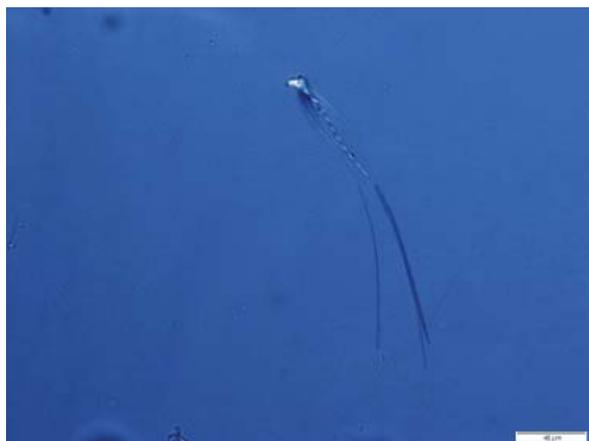


**Рис. 2.** КОС. Раствор ТФААС-1 в гептане, концентрация 0.4 мг/мл. Растущие струны, указанные стрелками 1 и 2, имеющие узкие венчики.

## Результаты исследований

В растворе ТФААС-1 в гептане в ходе охлаждения образцов в реальном времени наблюдалось спонтанное формирование и дальнейший рост крупных струн диаметром от одного до нескольких микрон. Типичные картины приведены на рис. 1, 2. От конца струны, практически из единой точки (будем называть ее точкой схождения), расходится хорошо видимый венчик более тонких струн. Венчик может быть широким и охватывать телесный угол  $\sim \pi$  (рис. 1) или существенно более узким (рис. 2). При охлаждении раствора концы тонких струн продвигаются вперед, то есть струны растут. Точка схождения также продвигается вперед, вслед за ростом тонких струн. В результате длина толстой струны увеличивается, а венчик, продвигаясь вперед, остается приблизительно одного и того же размера, иногда существенно удлиняясь, но вслед за этим быстро укорачиваясь.

Как и в предыдущих экспериментах [2-5], количественные характеристики образцов крайне неустойчивы и меняются от образца к образцу, от объекта к объекту в рамках одного образца, от одного момента времени к другому в рамках одного объекта. Прямое многократное измерение скорости роста различных струн в нескольких образцах путем обработки микрофильмов показало, что она



**Рис. 3.** КОС. Раствор ТФААС-1 в гептане. Короткая струна, сплетенная из более тонких струн, далее практически параллельных.

варьируется для раствора ТФААС-1 в гептане в пределах (1 – 10) мкм/с. Тонкие субмикроскопические по диаметру струны в окрестности точки схождения (сингулярности) объединяются в микроскопическую струну, образуя спиральную супрамолекулярную структуру, наблюдавшуюся в [2; 3]. Переход от почти параллельных тонких струн к их сплетению наподобие косы хорошо виден в случае короткой струны, представленной на рис. 3. Струна с более плотной спиральной структурой представлена на рис. 4. Наличие венчика расходящихся тонких струн на конце растущей толстой струны, возможно, объясняется электростатическим отталкиванием концов тонких струн на стадии их формирования, в окрестности точки схождения.

В водном растворе ТФААС-2 в ходе охлаждения образцов также наблюдается спонтанное формирование и дальнейший рост крупных струн. Типичная картина описанного процесса представлена на рис. 5. Видны две группы струн, растущие навстречу друг другу. Слева направо растут два венчика струн, раскрытые под относительно небольшим углом. Качественно картина их роста близка к описанной для предыдущего образца. Справа налево растут три венчика струн: один, наиболее крупный, по центру, второй – выше, третий – ниже. Эти венчики открыты на существенно больший угол, чем растущие навстречу. Для второй группы струн (растущих справа налево) рост струн венчика имеет большую скорость, чем скорость перемещения точки их схождения. Однако главное качественное отличие состоит в самоподобии, а именно струны венчиков ветвятся, образуя собственные венчики. Таким образом, приведенный кадр и в целом микрокиносъемка демонстрируют, для второй группы струн, вариант конденсации ТФААС, промежуточный между конденсацией собственно в струны и конденсацией в более сложные объекты (щеточки, дендриты и т.п.) [3-5; 10]. Скорость роста различных струн в нескольких образцах водного раствора ТФААС-2 варьировалась в пределах (5-15) мкм/сек.

Дальнейший механизм коммутации биологических клеток, основанный

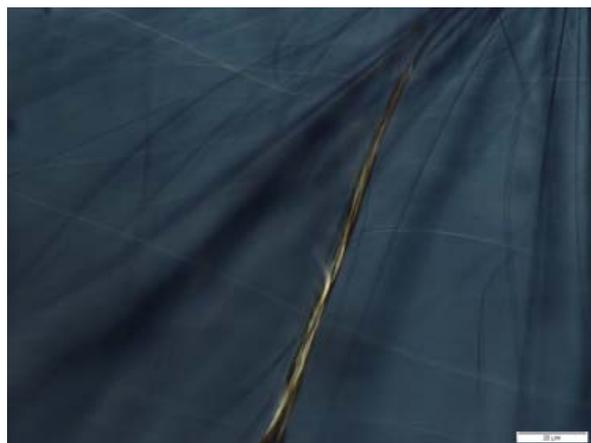


Рис. 4. КОС. Раствор ТФААС-1 в гептане. Струна, имеющая плотную спиральную структуру.

на непосредственном контакте биологических систем путем соединяющих их анизометрических элементов, описан в 2004 г. [12]. Типичные примеры коммутации биологических клеток с помощью анизометрических (удлиненных) структурных элементов приведены на рис. 6-8. Видны многочисленные структуры, очень похожие на венчики. Динамика коммутации биологических клеток с помощью соединяющих их анизометрических элементов до настоящего времени не исследована, в литературе соответствующих данных нет. Характерные скорости процессов коммутации могут быть оценены по характеристическим временам популяционных ответов, составляющих  $\sim(10^1-10^3)$  с., что с учетом типичных расстояний между клетка-

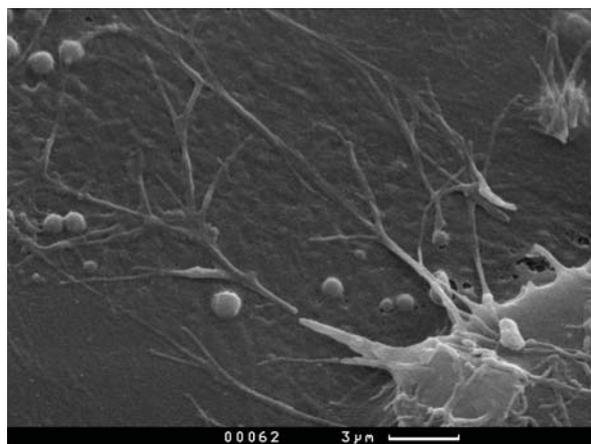
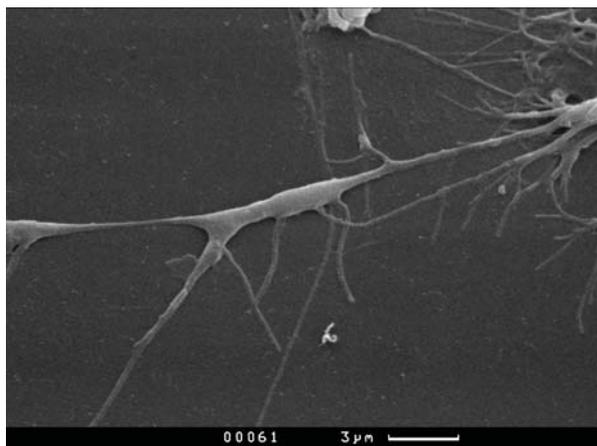


Рис. 6. СЭМ. Периферия клетки VERO. Венчиковые структуры.



**Рис. 7.** СЭМ. Анизометрические структуры, обеспечивающие коммутацию клеток VERO. Венчикообразные структуры.

ми  $\sim(10^1-10^2)$  мкм, согласуется со скоростями роста струн в биомиметиках, приведенными в настоящей работе. Выявленное экспериментально метрическое подобие структур, формирующихся в растворах биомиметиков и в реальных биологических системах, позволяет объяснить механизмы образования таких ранее не идентифицируемых морфологических структур.

### Обсуждение и выводы

Описанный механизм роста толстой струны, несущей на растущем конце венчик тонких струн, наблюдавшийся в динамике в биомиметике, может объяснять высокую



**Рис. 8.** СЭМ. Периферия клетки VERO. Венчикообразные структуры.

эффективность концентрации веществ, растворенных в окружающей клетку среде, с помощью ограниченного количества струноподобных анизометрических образований, наблюдаемых в клетках, поскольку венчик тонких струн собирает растворенное вещество намного эффективней, чем торец толстой струны. Выявленный в биомиметиках характер формирования толстых струн, по-видимому, позволяет также объяснить эффективность неприцельной коммутации микробиологических объектов, например, при слабом таксисе. Действительно, рост струны с достаточно широким венчиком в направлении, приблизительно соответствующим направлению на источник сигнала, положение которого поддается лишь ориентировочной идентификации, с высокой вероятностью приведет к тому, что хотя бы одна из тонких струн, входящих в венчик, вступит в контакт с целью, что может запустить механизм подтягивания к цели основной струны.

Отметим также, что в случае диффузного механизма концентрирования вещества к торцу растущей уединенной струны, расчетная скорость ее роста  $v$  обратно пропорциональна диаметру струны [10]. При этом в условиях рассматриваемых экспериментов, для тонкой струны с диаметром  $\sim 1$  нм [что сопоставимо с размером молекулы ТФААС  $\sim (0.3 - 0.5)$  нм]:  $v \sim 1$  см/с, а для типичной толстой струны с диаметром  $\sim 1$  мкм:  $v \sim 10$  мкм/с, что соответствует скоростям роста струн, указанным выше. Однако в ряде случаев наблюдается скачкообразный рост толстых струн со скоростью, существенно превосходящей расчетную скорость роста уединенной струны такого диаметра. Это явление, возможно, связано с существованием венчика. Действительно, его наличие приводит к тому, что каждая тонкая струна, входящая в венчик, может расти со скоростью, соответствующей ее диаметру. При этом в совокупности входящие в венчик струны концентрируют вещество из большого объема раствора, что способно обеспечить итоговый рост толстой струны со скоростью, характерной для составляющих ее тонких струн и существенно

большей, чем расчетная скорость роста уединенной струны соответствующего диаметра. Таким образом, в гомохиральных модельных растворах биомиметиков смоделирован ряд динамических процессов, существенных для эффективной коммутации клеток.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Стовбун С.В. О необходимости хиральности и гомохиральности липидов для формирования 1d-супрамолекулярных структур межклеточной коммуникации // Бюл. эксп. биол. и мед. – 2011. – Т. 152. – № 7. С. 56-59.
2. Стовбун С.В., Занин А.М., Скоблин А.А., Михайлов А.И., Берлин А.А. Феноменологическое описание спонтанного образования макроскопических струн в низкоконцентрированных хиральных растворах и формирования анизометрических гелей // ДАН. – 2012. – Т. 442. – Т. 5, с. 645-648.
3. Стовбун С.В., Занин А.М., Скоблин А.А., Михайлов А.И., Костяновский Р.Г., Гришин М.В., Шуб Б.Р. Макроскопическая хиральность струн // Хим. физ., 2011, Т. 30, № 12, с. 55-59.
4. Стовбун С.В., Крутиус О.Н., Занин А.М., Скоробогатко Д.С., Костяновский Р.Г., Экспериментальное наблюдение анизометрических структур в растворах с низким содержанием гелатора // Хим. физ.–2011. – Т. 30. – № 9. – С. 63-66.
5. Стовбун С.В., Михайлов А.И., Занин А.М., Костяновский Р.Г. Хиральность при самоорганизации струн в жидкой фазе и принципы экономии в природе // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2011. – № 3. – С. 92-97.
6. Стовбун С.В., Михайлов А.И., Скоблин А.А., Брагина Е.Е., Гомберг М.А. О супрамолекулярном механизме клеточной коммутации // Хим. физ. 2012. – Т. 31. – № 1. – С. 67-71.
7. Стовбун С.В., Скоблин А.А. Физико-химическое моделирование процессов межклеточной коммутации // Бюл. эксп. биол. и мед. – 2011. – Т. 152. – № 11. – С. 502-505.
8. Стовбун С.В., Скоблин А.А., Занин А.М., Рыбин Ю.М., Агеев И.М., Твердислов В.А. Каплеобразные объекты, окруженные мембраной, концентрирующие вещество среды и коммутирующие посредством струн, в гомохиральных растворах // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2012. – № 1. – С. 75-81.
9. Стовбун С.В., Скоблин А.А., Твердислов В.А. Биологические жидкости как хиральные анизометрические среды // Бюл. эксп. биол. и мед. – 2011. – Т. 152. – № 12. – С. 644-648.
10. Стовбун С.В. Формирование конденсированной фазы (струн) в слабых растворах хиральных веществ // Хим. физ. – 2011. – Т. 30. – № 8. – С. 3-10.
11. Kostyanovsky R.G., Lenev D.F., Krutius O.N., Stankevich A. A. Chirality-directed organogel formation // Mendeleev Commun. – 2005. – V. 15. – Is. 4. – P. 140.
12. Rustom A., Saffrich R., Markovic I., Walther P., Gerdes H.H. Science. 2004; 303(5660):1007-1010.

УДК 535.71

**Стовбун С.В., Скоблин А.А., Занин А.М.**

*Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (г. Москва)*

## **КОЛЛЕКТИВНЫЙ ХАРАКТЕР СПОНТАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ СТРУН В ГОМОХИРАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ**

**S. Stovbun, A. Skoblin, A. Zanin**

*N.N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow*

### **COLLECTIVE NATURE OF SPONTANEOUS FORMATION OF STRINGS IN HOMOCHIRAL SOLUTIONS**

*Аннотация.* С помощью оптического микроскопирования проведен подсчет числа струн, образующихся на стеклянной подложке при свободном высыхании образцов (капель) ряда гомохиральных растворов трифторацетилированных аминоспиртов в различных органических растворителях, на наборе оптических полей. Из анализа статистических закономерностей распределения струн по исследованным оптическим полям установлен коллективный характер их формирования. Выявлен характерный масштаб области их скоррелированного формирования ((200-600) мкм). Рассмотрен вероятный механизм выявленной корреляции. В качестве иллюстрации скоррелированного формирования струн описан часто встречающийся феномен парных струн.

*Ключевые слова:* гомохиральный раствор, струна, дисперсия, корреляция.

*Abstract.* Using optical microscopy we calculated the number of strings, formed on a glass substrate with the free dry samples (drops) by evaporating the solvents from a number of homochiral solutions of trifluoro acetylated amino alcohols in various organic solvents, on a set of optical fields. From the statistical analysis of the distribution of strings on the investigated optical fields the collective nature of their formation was identified. The characteristic scale of their correlated formation [(200 – 600)  $\mu\text{m}$ ] was found. The likely mechanism of the detected correlations was considered. As an illustration of the correlated formation of strings, we described the frequent phenomenon of paired strings.

*Key words:* homochiral solution, string, dispersion, correlation.

Феномен спонтанной конденсации (самосборки) растворенного вещества в анизометрические (отношение длины  $L$  к диаметру  $d$ :  $L/d=(10^2-10^5)$ ) структурные элементы, обладающие механической упругостью, – струны, был установлен ранее для целого ряда низкоконцентрированных ( $\sim(10^{-3}-10^{-2})$  М, а для соединения, молекулы которого имеют два хиральных центра – даже  $\sim 10^{-4}$  М) гомохиральных растворов [2-5]. Струны формируются за времена ( $10-10^{-1}$ ) сек. и меньше, а их седиментация занимает, напротив, часы и более [3]. Фактически это означает, что при испарении капли (за время 10 сек.) в ксерогеле наблюдается проекция хаоса струн на плоскость подложки. Очевидно, что наблюдаемое при этом распределение их плотности отражает характер их пространственного распределения в объеме раствора. Формирование струн протекает достаточно неравномерно по объему раствора. В результате ксерогели, образующиеся при испарении растворителя, как правило, имеют неравномерную (доменную) структуру. В настоящей работе исследовались статистические закономерности формирования струн в гомохиральных растворах. В качестве растворенного вещества использовались трифторацетилированные аминоспирты (ТФААС) 1 и 2, синтезированные в Лаборатории стереохимии ИХФ РАН, зав. лаб. проф. Р.Г. Костяновский. Методика получения и свойства ТФААС приведены в [6]. Структурные формулы исследовавшихся ТФААС приведены на рис. 1. Использовались растворители циклогексан (ЦГ) и бензол (Б), поставщик фирма Химмед, чистотой 99,9%.

Эксперимент проводился следующим образом. Вначале изготавливался раствор. Для этого соответствующее количество ТФААС и растворителя вносились в закрытую стеклянную емкость, которая помещалась в кипящую воду и интенсивно встряхивалась в ней в течение времени, многократно превосходящего время визуального контролируемого растворения ТФААС. Затем емкость извлекалась из водяной бани и остывала до комнатной температуры. Капля раствора наносилась на предметное стекло. После испарения растворителя образовавшийся ксерогель исследовался с помощью оптического микроскопа МИКМЕД-6. Для этого выбиралось несколько стандартных оптических полей площадью  $S = 0.767 \cdot 10^6$  мкм<sup>2</sup>, и производилось их микрофотографирование. Каждое поле разбивалось на квадраты ( $7 \times 5 = 35$  квадратов для каждого поля). Квадраты выводились на экран компьютера, и на них вручную производился подсчет струн. Затем результаты суммировались поквадратно для каждого оптического поля. Подчеркнем достаточную трудоемкость эксперимента: обработка одного оптического поля занимала в среднем 2 человеко-часа, а всего было обработано 72 поля.

Результаты проведенных измерений и их статистической обработки сведены в табл. 1. В первом столбце указано растворенное вещество, во втором – растворитель.  $C$  – концентрация раствора ( $M$ , то есть моль / литр).  $n$  – число оптических полей, исследовавшихся для ксерогеля, полученного из раствора данного ТФААС в данном растворителе с данной концентрацией.  $N_i$  ( $i=1 \dots n$ ) – число струн на  $i$ -ом оптическом поле.  $N_0 = (1/n) \sum_{i=1}^n N_i$  – среднее (по исследованным полям для раствора данного ТФААС в данном растворителе при данной концентрации) число струн в одном поле.  $D = (1/n) \sum_{i=1}^n (N_i - N_0)^2$  – дисперсия (по исследованным полям для раствора данного ТФААС в данном растворителе при данной концентрации) числа струн.  $\sigma = D^{1/2}$  – среднеквадратичное отклонение числа струн.  $d^* = D/N_0$ .  $R = [0.767(d/N_0)]^{1/2} \cdot 10^3$ . Отметим, что, как видно из табл. 1, среднее число струн в оптическом поле в случае, когда растворителем

выступает бензол, вообще не коррелирует с концентрацией растворенного вещества, как для ТФААС 1, так и для ТФААС 2. В случае раствора ТФААС 1 в ЦГ наблюдается рост среднего числа струн с концентрацией раствора, более медленный, чем линейный.

Если бы струны формировались независимо друг от друга, то при достаточно большом (в среднем) количестве струн:  $N_0 \gg 1$ , их дисперсия должна была бы быть порядка числа струн:  $D \sim N_0$ , так что среднеквадратичное отклонение  $\sigma \sim N_0^{1/2}$ . На самом деле, как видно из табл. 1, дисперсия аномально велика:  $D \gg N_0$ , так что  $d^* = D/N_0 \gg 1$ , причем  $d^*$ , за редким исключением, составляет от нескольких десятков до нескольких сотен. Это указывает на обстоятельство, что процессы образования отдельных струн не являются статистически независимыми событиями, то есть на коллективный характер формирования струн. Легко видеть, что если струны формируются группами по  $d^*$  штук, и процессы образования отдельных групп являются статистически независимыми событиями, то количество таких событий, приходящееся на  $i$ -ое поле:  $N_i' = N_i/d^*$  ( $i=1, \dots, n$ ); среднее число таких событий  $N_0' = N_0/d^*$ , дисперсия таких событий  $D' = D/d^{*2}$ , так что для такого распределения:  $d^* = D'/N_0' = 1$ . Следовательно, предположение, что струны формируются независимыми группами, приблизительно по  $d^*$  штук в группе, согласуется с имеющимися экспериментальными данными.

Таким образом, величина  $d^*$ , приведенная в предпоследнем столбце табл. 1, – это (по порядку величины) число струн, формирующихся коллективно, скоррелированным образом. Из табл. 1 видно, что в 7 случаях из 11 величина  $d^*$  находится в интервале (30-85), в 2 случаях  $d^*$  существенно больше (246 и 675), и только в 2 случаях  $d^*$  относительно невелико (5 и 11). Таким образом, на коллективный характер формирования струн указывают статистические закономерности в их распределении по отдельным полям, выявленные в ходе проведенного эксперимента.

Оценим масштаб области, в которой происходит скоррелированное формирование

Таблица 1

ТФААС	Растворитель	C, М	n	N <sub>i</sub>	N <sub>0</sub>	D	σ	d*	R, мкм
1	Б	0.0001	5	473; 398; 142; 133; 139	257	21 812	148	85	510
1	Б	0.0036	9	816; 1205; 964; 970; 824; 1005; 800; 1463; 1349	1 044	51 980	228	50	190
1	Б	0.009	5	408; 626; 807; 846; 630	663	24 360	156	37	210
1	Б	0.036	9	342; 998; 810; 750; 799; 2 784; 1 500; 1 090; 2 231	1 256	537 778	733	675	640
1	ЦГ	0.001	3	283; 602; 330	405	19 773	140	49	310
1	ЦГ	0.003	3	1 610; 1 405; 1 509	1 508	7 005	84	5	50
1	ЦГ	0.018	3	4 563; 4 041; 4 960	4 521	141 628	376	31	70
2	Б	0.0001	9	30; 98; 83; 115; 280; 261; 305; 315; 273	196	11 082	105	57	470
2	Б	0.001	4	525; 709; 600; 733	642	7 056	84	11	110
2	Б	0.02	4	390; 192; 470; 508	390	14 882	122	38	280
2	ЦГ	0.001	18	586; 599; 503; 481; 283; 200; 245; 297; 234; 525; 709; 718; 683; 770; 1 632; 1 200; 1 000; 1 500	676	166 360	408	246	530

струн, с учетом изотропии исследуемой системы на макроскопических масштабах. В оптическом поле площадью  $S$  формируется в среднем  $N_0$  струн. Следовательно,  $d^*$  струн формируется в области площадью  $S(d^*/N_0)$ , характерный размер которой  $R$  составляет:  $R \approx [S(d^*/N_0)]^{1/2}$ , или  $R \approx [0.767(d^*/N_0)]^{1/2} 10^3$  мкм. Таким образом, величина  $R$ , приведенная в последнем столбце табл. 1 – это масштаб области, в которой происходит коррелированное формирование струн. Как видно из табл. 1, в 4 случаях из 11  $R$  приходится на интервал (470-610) мкм, в 4 случаях – на интервал (190-310) мкм, и только в 3 случаях – на интервал (50-110) мкм, отвечающий относительно малому масштабу области корреляции. Таким образом, характерный масштаб корреляции при формировании струн составляет несколько сотен микрометров, ориентировочно (200-600) мкм.

Коллективный характер образования струн означает, что в ходе экспериментов во всем объеме раствора выделялись отдельные области масштабом, как правило, несколько сот микрометров, в которых преимущественно происходило формирование струн. Визуально приготовленный раствор обла-

дал высокой степенью гомогенности вплоть до масштабов, сопоставимых с длиной волны света – 0,4 мкм. Таким образом, неоднородность раствора формировалась в ходе конденсации ТФААС и образования струн. Анализ  $3 \cdot 10^2$  стандартных оптических полей площадью  $S = 0.767 \cdot 10^6$  мкм<sup>2</sup> показывает, что факты рождения нескольких струн из одного центра струнообразования (связанного с наличием зародышевого микрокристалла или с флуктуацией плотности ТФААС иной природы) не дают существенного вклада в аномальную величину дисперсии (для исследованных в настоящей работе растворов). При этом локальная геометрия системы струн в областях их высокой концентрации часто тяготеет к системе параллельных струн. Следовательно, струны в ходе формирования взаимодействуют на больших по молекулярным масштабам расстояниях ~ (200 – 600) мкм. Покажем, что этот результат не противоречит имеющимся на сегодняшний день представлениям о структуре струн.

Был проведен расчет дипольного момента  $d$  молекул ТФААС с помощью используемого в органической химии подхода, при котором геометрия молекулы сначала оптимизирует-

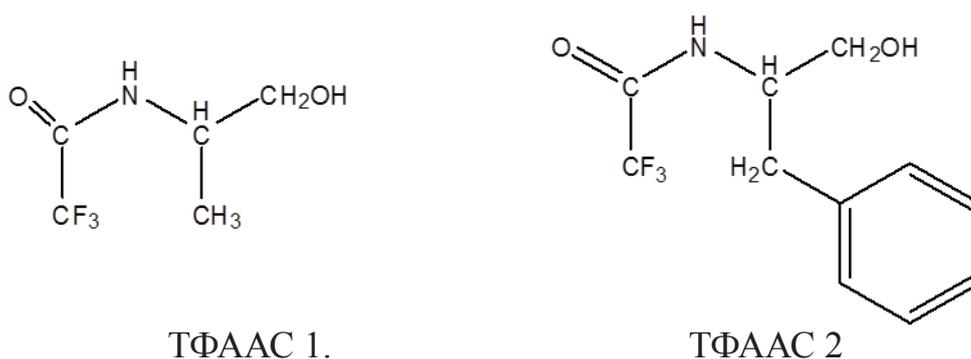


Рис. 1. Структурные формулы ТФААС, исследовавшихся в настоящей работе.

ся полуэмпирическим квантово-химическим методом AM-1, и далее полученная геометрия используется для расчета дипольного момента методом CNDO [1]. Были получены результаты:  $d = 3.86$  Д для ТФААС 1 и  $d = 3.13$  Д для ТФААС 2. Молекулы ТФААС

кристаллически упакованы в струне, так что их концентрация в струне  $n \approx a^{-3}$ , где  $a \approx 5$  Å – характерный размер молекулы ТФААС. Рассмотрим вначале модель струны, в которой дипольные моменты молекул ТФААС в основном параллельны оси струны (мы учи-

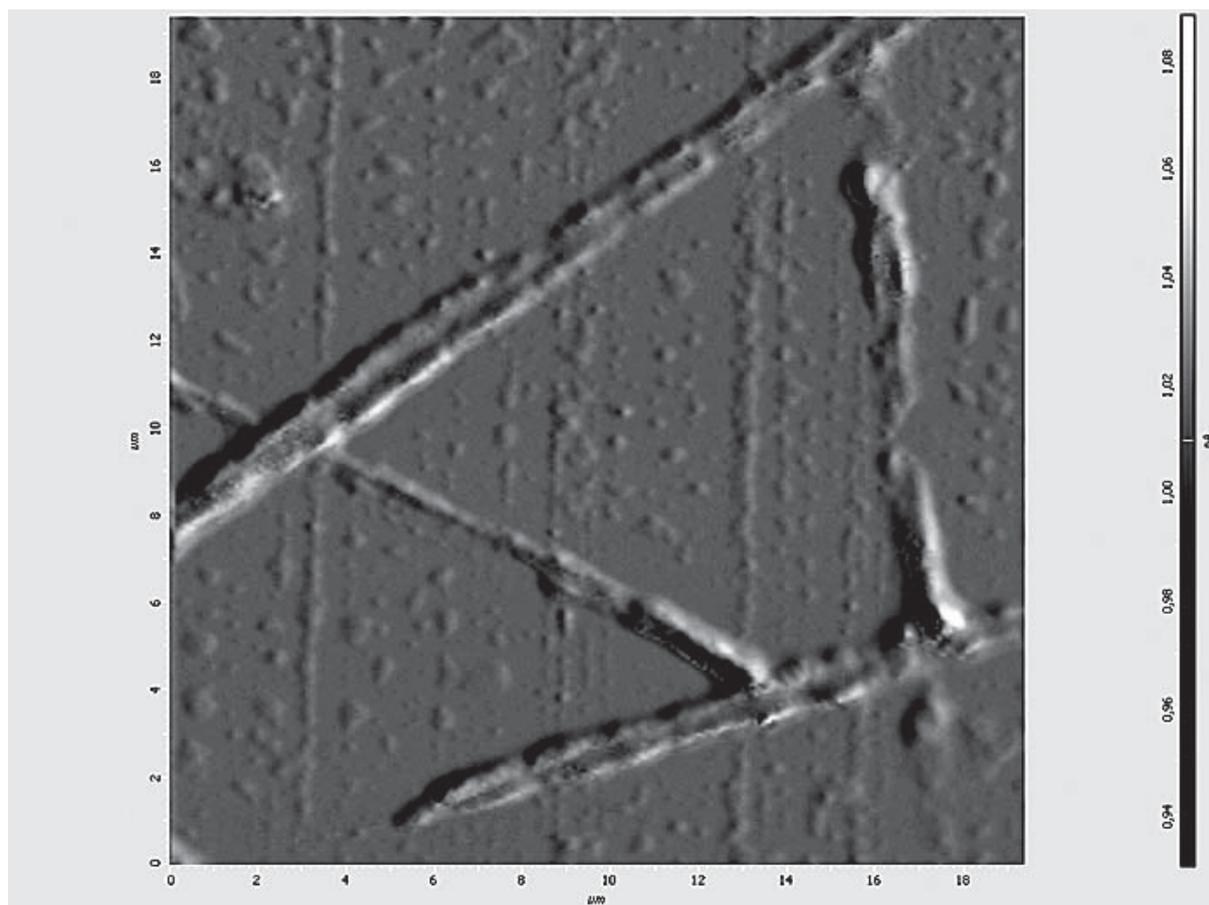


Рис. 2. АСМ изображение. Масштаб по осям абсцисс и ординат указан в микрометрах. Феномен парных струн.

тываем, что ориентация молекул ТФААС в струне не хаотична, т. к. упорядочение ТФААС в ней носит кристаллический характер, что подтверждается рентгеновской дифрактометрией). Тогда плотность поверхностного заряда на торце струны составляет  $n d \approx a^{-3} d$ , а величина поверхностного заряда  $Q \approx D^2 a^{-3} d$ , где  $D$  – диаметр струны. При этом число молекул ТФААС на торце составляет  $N \approx D^2 / a^2$ . Энергия  $U$  электростатического взаимодействия концов двух заряженных струн, находящихся на расстоянии  $R$ , составляет:  $U = Q^2 / R \approx D^4 a^{-6} d^2 / R$ . При этом энергия взаимодействия, приходящаяся на одну молекулу, составляет:  $u = U / N \approx D^2 a^{-4} d^2 / R$ . Электростатическое взаимодействие концов струн может влиять на кинетику конденсации молекул на торцах струн только при условии, что энергия этого взаимодействия, приходящаяся на одну молекулу, сопоставима с тепловой:  $u \approx k T$ , где  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – температура. Это приводит к следующей оценке на минимальный диаметр струн, взаимодействие которых сказывается на кинетике их формирования на расстоянии  $R$ :  $D \approx [k T R a^4 d^{-2}]^{1/2}$ . Ориентируясь на полученное из анализа дисперсии числа формирующихся струн значение расстояния, на котором струны существенно взаимодействуют:  $R = (200 - 600)$  мкм, получаем оценку для минимально возможного диаметра струн, интенсивно взаимодействующих на таком расстоянии:  $D \approx (0.2 - 0.4)$  мкм, что сопоставимо с характерным диаметром наблюдавшихся в ксерогелях струн, находившимся в пределах  $(0,1 - 1)$  мкм. В случае если молекулы ТФААС размещены под некоторыми углами к оси струны, эффективный дипольный момент струны несколько уменьшится, и это приведет к увеличению  $D$ . Однако, по-видимому, порядок величины  $D$  не изменится, так что согласование с экспериментальными результатами по-прежнему сохранится.

Факты коррелированного рождения струн и интенсивного взаимодействия их концов ярко иллюстрируются нередко встречающимся феноменом парных струн, концы которых наклонены навстречу друг другу и

соединены, по всей видимости, вследствие электростатического притяжения, что указывает на противоположное направление поляризации двух струн (рис. 2). Данное изображение получено с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) Solver HV (производства НТ-МДТ, Зеленоград, Россия), на ксерогеле, образованном при высыхании раствора ТФААС на поверхности полированного кремния (шероховатость не выше 15 нм). Таким образом, в настоящей работе экспериментально исследованы статистические закономерности формирования струн в гомохиральных растворах и их ксерогелях. Установлено, что струны формируются группами, как правило, по несколько десятков штук (типичное количество струн в группе – (30-85)). Характерный масштаб области, в которой происходит коррелированное формирование струн, составляет, как правило, несколько сотен (обычно (200-600)) микрометров. Проведенные оценки позволяют предположить, что основным механизмом, обеспечивающим корреляцию формирования струн, является кулоновское взаимодействие заряженных торцов формирующихся струн.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. М.: Высшая школа, 1979. – 342 с.
2. Стовбун С.В., Михайлов А.И., Занин // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2011. – № 3. – С. 92-97.
3. Стовбун С.В. Формирование конденсированной фазы (струн) в слабых растворах хиральных веществ // Хим. Физ. – 2011. – Т 30. – № 8. – С. 3-10
4. Стовбун С.В., Крутиус О.Н., Занин А.М., Скоробогатко Д.С., Костяновский Р.Г. Экспериментальное наблюдение анизометрических структур в растворах с низким содержанием гелатора // Хим. Физ. – 2011. – Т. 30. – № 9. – С.63-66.
5. Стовбун С.В., Занин А.М., Скоблин А.А., Михайлов А.И., Костяновский Р.Г., Гришин М.В., Шуб Б.Р. Макроскопическая хиральность струн // Хим. Физ. – 2011. – Т 30. – № 12. – С. 55-59.
6. Kostyanovsky R.G., Lenev D.F., Krutius O.N., Stankevich A. A. Chirality-directed organogel formation // Mendeleev Commun. – 2005. – V. 15. – Is. 4. – P. 140-141.

УДК 539.6

**Стовбун С.В.<sup>1</sup>, Скоблин А.А.<sup>1</sup>, Твердислов В.А.<sup>2</sup>, Занин А.М.<sup>1</sup>,  
Михайлов А.И.<sup>1</sup>, Гришин М.В.<sup>1</sup>, Кирсанкин А.А.<sup>1</sup>, Шуб Б.Р.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (г. Москва)

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

## **ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЬЦЕОБРАЗНЫХ СТРУН В БИОМИМЕТИКАХ КАК МОДЕЛЬ ВОЗМОЖНОГО НЕЗАВИСИМОГО ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЬЦЕОБРАЗНЫХ ДНК В ХОДЕ ПРЕДБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ**

**S.Stovbun<sup>1</sup>, A. Skoblin<sup>1</sup>, V. Tverdislov<sup>2</sup>, A. Zanin<sup>1</sup>,  
A. Mikhailov<sup>1</sup>, M. Grishin<sup>1</sup>, A. Kirsankin<sup>1</sup>, B. Shub<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> N.N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow

<sup>2</sup> M.V. Lomonosov Moscow State University

## **FORMATION OF ANNULAR STRINGS IN BIOMIMETICS AS A MODEL OF A POSSIBLE INDEPENDENT FORMATION OF ANNULAR DNA DURING PREBIOLOGICAL EVOLUTION**

*Аннотация.* При испарении микроскопических капель модельного гомохирального раствора биомиметика (трифторацетилированного аминок спирта) на твердой поверхности получены кольцеобразные хиральные струны. Таким образом, смоделирован возможный механизм формирования кольцевых структур – предбиологических матриц, предшественников ДНК и РНК, независимого от формирования соответствующих линейных матриц. Вероятный сценарий реализации предложенного неравновесного механизма – высыхание микробрызг, неизбежно возникающих при накатывании волн на каменистый морской берег. Этот результат может быть существенным при построении последовательности эволюционных событий (траекторий эволюции).

*Ключевые слова:* предбиологическая эволюция, биомиметик, кольцеобразные матрицы, хиральность, струны.

*Abstract.* Evaporation of microscopic droplets of a model solution of homochiral biomimetic (trifluoro acetylated amino alcohol) on a solid surface results in the emergence of annular chiral strings. Thus, we have modeled a possible mechanism for the formation of ring structures, i.e., prebiotic matrix precursors of DNA and RNA, which is independent of the formation of the corresponding linear matrix. The likely scenario of implementation of the proposed non-equilibrium mechanism is the drying of micro splashes that inevitably arise when waves crash on rocky seashore. This result may be significant in the construction of a sequence of evolutionary events (trajectories of evolution).

*Key words:* prebiological evolution, biomimetics, ring-shaped matrix, chirality, strings.

Фундаментальная роль неравновесных процессов, протекающих на границе раздела фаз, в предбиологической и на ранних стадиях биологической эволюции, показана в работах [9-12], где в качестве структурообразующих поверхностей выступают граница «океан – атмосфера», а также поверхности «пленочных» микробрызг, возникающих при разрыве поднимающихся пузырей воздуха (в ходе чего реализуются высокие скорости течения жидкости и происходит диспергирование среды) и вновь падающих в океан. Существует иной неравновесный процесс на границе раздела фаз, также приводящий к структурообразованию. Это высыхание микробрызг, упавших на твердую поверхность, что постоянно реализуется, например, на

© Стовбун С.В. , Скоблин А.А., Твердислов В.А.\*, Занин А.М., Михайлов А.И., Гришин М.В. , Кирсанкин А.А., Шуб Б.Р., 2012.

каменистом морском побережье. Процессы, протекающие при испарении капль жидкости на твердой горизонтальной поверхности, активно исследовались в последние полтора – два десятилетия [1; 13; 14; 16]. Было показано, что капля, как правило, высыхает при постоянной площади основания, так что линия трехфазной границы «жидкость – твердая поверхность – атмосфера» остается неподвижной, и вдоль нее концентрируются растворенные в капле вещества.

Нами был исследован процесс испарения микроскопических капль раствора биомиметика. Использовался гомохиральный раствор трифторацетилированного аминокспирта (ТФААС, структурная формула – рис. 1), синтезированного по методике [15], в гептане (чистота 99.9%, поставщик – фирма Химмед), с концентрацией 0.4 мг/мл. Ранее было установлено, что при испарении относительно крупных (объемом порядка 1 мкл) капль такого раствора на подложке спонтанно формируются струны – анизометрические (отношение длины  $L$  к диаметру  $d$ :  $L/d \sim (10^2 - 10^5)$ ) супрамолекулярные (линейные) 1d-структурные элементы, имеющие, как правило, спиральную, ДНК-подобную структуру [2-6; 8].

Раствор биомиметика разбрызгивался на поверхность стандартной кремниевой пластины, используемой в микроэлектронной промышленности (полированный кремний, шероховатость не выше 15 нм). Была применена следующая методика образования брызг (микрокапель). В микропипетку набирался раствор. Далее почти весь раствор сливался обратно в пробирку, а в микропипетку засасывался воздух. Затем содержимое микропипетки резко выдавливалось. Образующаяся в результате струя воздуха обеспечивала диспергирование остатков раствора, находившихся в пипетке, и формирование потока микрокапель на подложку. Характерный диаметр микрокапель составлял (0,5-2) мкм и определялся по размеру следа, оставленного после высыхания капли (см. рис. 2), поскольку, как было указано выше, известно, что капля высыхает при постоянной площа-

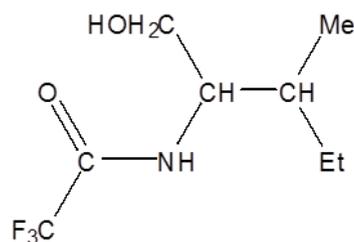


Рис. 1. Структурная формула использовавшегося ТФААС. Молекула имеет два хиральных центра. Хиральность (абсолютная конфигурация) обоих центров левая (S).

ди основания. Характерная концентрация капль на подложке при описанной методике разбрызгивания составляла  $\sim 10^{-1}$  мкм<sup>2</sup>, что обеспечивало наличие значительного количества ( $\sim 10^3$ ) капль на исследованных полях (100мкмX100мкм). Брызги (микрокапли), упавшие на кремниевую пластину, свободно испарялись. Затем пластину исследовалась с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) Solver HV (НД-МДТ, Зеленоград, Россия), работавшего в полуконтактном режиме. Типичное изображение представлено на рис. 2. Видно, что ТФААС сконденсировался частично в виде изометрических гранул и частично в виде кольцеобразных хиральных струн (хиральность струн, формирующихся в гомохиральных растворах, подтверждена

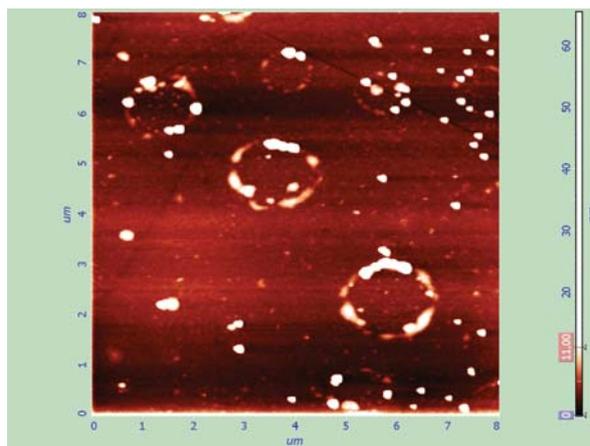


Рис. 2. АСМ изображение кольцевых структур на поверхности кремния, образовавшихся при испарении микрокапель раствора биомиметика. Оси абсцисс и ординат градуированы в микрометрах. Цветовая ось (вертикальная справа) градуирована в нанометрах.

большим объемом экспериментального материала [2; 3; 7]).

Таким образом, экспериментально статистически достоверно ( $\sim 10^3$  наблюдений) установлено, что кольцеобразные структурные элементы (струны) могут формироваться независимо от линейных структурных элементов, в ходе испарения брызг (микрокапель). Этот факт может указывать на то, что линейные и кольцевые матрицы (предбиологических предшественников ДНК, РНК) в ходе предбиологической эволюции могли формироваться параллельно, независимо друг от друга, за счет различных физических механизмов, не конкурируя в ходе формирования и не переходя от одной формы к другой. Такие соображения могут быть существенными при построении последовательности эволюционных событий (траекторий эволюции).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Водолазская В.И., Тарасевич Ю.Ю., Исакова О.П. Моделирование эволюции фазового фронта в высыхающей на горизонтальной подложке капле коллоидного раствора // *Нелинейный мир*. – Т. 8. – № 3. – С. 142-150.
2. Стовбун С.В., Занин А.М., Скоблин А.А. и др. Феноменологическое описание спонтанного образования макроскопических струн в низкоконцентрированных хиральных растворах и формирования анизотрических гелей // *ДАН*, 2012. – Т. 442. – № 5. – С. 645-648.
3. Стовбун С.В., Занин А.М., Скоблин А.А. и др. Макроскопическая хиральность струн // *Хим. Физ.* – 2011. – Т. 30. – № 12. – С. 55-59.
4. Стовбун С.В., Занин А.М., Скоробогатько Д.С. и др. Хироптические явления в слабых растворах гелаторов // *Хим. Физ.* – 2012. – Т. 31. – № 5, С.11.
5. Стовбун С. В., Крутиус О. Н., Занин А. М. и др. Экспериментальное наблюдение анизотрических структур в растворах с низким содержанием гелатора // *Хим. Физ.* – 2011. – Т. 30. – № 9. – С. 63-66.
6. Стовбун С.В., Михайлов А.И., Занин А.М., Костяновский Р.Г. Хиральность при самоорганизации струн в жидкой фазе и принципы экономии в природе// *Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки»*. – 2011. – № 3. – С. 92-97.
7. Стовбун С.В., Скоблин А.А., Занин А.М. и др. Свойства анизотрической конденсированной фазы (струн) в гомохиральных растворах // *Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки»*, 2012. – № 2. – С. 55-59.
8. Стовбун С.В. Формирование конденсированной фазы (струн) в слабых растворах хиральных веществ// *Хим. Физ.* – 2011. – Т. 30. – № 8. – С. 3-10.
9. Твердислов В.А., Жаворонков А.А., Юрова Т.В., Яковенко Л.В. Происхождение жизни на земле как исходная проблема экологии // *Экология урбанизированных территорий*. – 2008. – № 2. – С. 6-12.
10. Твердислов В.А., Яковенко Л.В., Ивлиева А.А., Твердислова И.Л. Ионная и хиральная асимметрии как физические факторы биогенеза и онтогенеза // *Вестник МГУ. Серия 3. Физика. Астрономия*. – 2011. – № 2. – С. 3-13.
11. Яковенко Л.В., Кожевников А.А., Твердислов В.А., Салов Д.В. Численное моделирование распределения температуры и концентраций ионов с учетом конвекции в тонком поверхностном слое раствора // *В сб. Нелинейные явления в открытых системах*. – М., 1997. – С. 109.
12. Яковенко Л.В., Твердислов В.А. Поверхность Мирового океана и физические механизмы предбиологической эволюции // *Биофизика*. – 2003. – Т. 48. – № 6. – С. 1137-1146.
13. Deegan R.D., Bakajin O., Dupont T.F. and others. Capillary flow as the cause of ring stains from dried liquid drops // *Nature*. – 1997. – V. 389. – P. 827-829.
14. Deegan R.D., Bakajin O., Dupont T.F. and others. Contact line deposits in an evaporating drop // *Phys. Rev. E*. – 2000. – V. 62. – P. 756-765.
15. Kostyanovsky R.G., Lenev D.F., Krutius O.N., Stankevich A. A. Chirality-directed organogel formation // *Mendeleev Commun.* – 2005. – V. 15. – Is. 4. – P. 140-141.
16. Parisse F, Allain C. Shape Changes of Colloidal Suspension Droplets during Drying// *J. Phys. II France*. – 1966. – V. 6. – P. 1111-1119.

УДК 66.0992.002.237

**Макаренков Д.А.**

*Московский государственный университет инженерной экологии*

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПО РЕОЛОГИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ**

**D. Makarenkov**

*Moscow State University of Environmental Engineering, Moscow, Russia*

### **CLASSIFICATION OF DISPERSE MEDIA BASED ON SECONDARY MATERIAL RESOURCES BY RHEOLOGICAL PROPERTIES**

*Аннотация.* Приведена классификация методов гранулирования многокомпонентных полидисперсных шихт в зависимости от технологической влажности, особое внимание уделено описанию реологических моделей деформируемых тел. Возможность такой классификации дисперсных сред (далее - ДС) обоснована тем, что в процессе технологической переработки (смешивания, гранулирования методами окатывания и прессования) материал переходит из одного реологического состояния в другое, часто противоположное первому. Установлены общие закономерности уплотнения ДС и развития их реологических свойств в различных условиях с учетом механических и физико-химических воздействий. Приведены компрессионные кривые ДС, характеризующие процесс компактирования от приложенного давления. Механизм гранулообразования методом окатывания представлен в виде шестистадийного процесса, отражающего структурообразование материала в процессе его переработки.

*Ключевые слова:* Классификация дисперсных сред, реологические модели, деформация, упругое тело Гука, вязкий элемент Ньютона, скорость деформации, компрессионные кривые, гранула.

*Abstract.* The methods of granulation of multicomponent polydisperse media (DM) are classified depending on the technological humidity, and special attention is given to the description of rheological models of deformable bodies. The possibility of such a classification of DM is proved by the fact that in the course of technological processing (mixing, granulation by nodulizing and pressing) the material passes from one rheological condition to another, often opposite to the first one. The general properties of DM packing and development of their rheological properties under various conditions taking into account mechanical and physico-chemical effects are determined. The compression DM curves characterizing the process of compaction from the applied pressure are given. The mechanism of granulation is presented in the form of a six-stage process reflecting structurization of the material in the course of its processing.

*Key words:* classification of disperse media, rheological models, deformation, Guk's elastic body, Newton's viscous element, deformation rate, compression curves, granule.

Ресурсосбережение и расширение сырьевой базы на основе наиболее дешевых природных аналогов для производства целевых продуктов в различных отраслях промышленности является актуальной задачей по настоящее время. Экологическая ситуация в современной России определяется двумя факторами: уменьшением расходов на охрану окружающей среды и меньшими, чем ранее, масштабами хозяйственной деятельности. В 2011 г. в целом по России образовалось более 130 млн. т. отходов, из которых использованы и обезврежены порядка 40%. Решением этой проблемы является эффективное использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов (ВМР) вместе с основными компонентами. Разработка процессов гранулирования многокомпонентных, полидисперсных шихт на основе ВМР, различающихся физико-химической природой и структурно-деформационными свойствами, позволяет получать новые высококачественные целевые продукты. С другой стороны, вовлечение в производственный цикл в качестве ВМР различных отходов позволит снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. В ряде отраслей эта задача решается следующим образом.

В химической промышленности и при производстве строительных материалов исполь-

---

© Макаренков Д.А., 2012.

зуются гранулированные комплексные химические модификаторы, полученные с использованием отходов целлюлозно-бумажных комбинатов, использование торфа в качестве органической части позволяет отечественным заводам получать комплексные гранулированные органоминеральные удобрения [10; 11]. Порошковые и зернистые материалы после гранулирования приобретают новые технологические свойства и становятся экологически безопасными при использовании. Гранулированные продукты зачастую позволяют применять ВМР (например, твердые бытовые или растительные отходы) вместо природного сырья или в качестве альтернативных источников топлива. В последние годы класс перерабатываемых материалов расширился за счет новых типов отходов: технический углерод после пиролиза покрышек и полимеров, пивной дробины, спиртовой барды, кизельгура, ферментных препаратов (пищевой и фармацевтической промышленности), древесных и растительных отходов. Задача их перевода в гранулированное состояние является актуальной и носит как прикладной, так и научный характер [4].

При гранулировании широкого класса многокомпонентных и полидисперсных веществ необходимо выявить общие закономерности структурообразования и лимитирующие факторы, определяющие потребительские свойства гранул. При прессовом гранулировании и окатывании дисперсных сред структура гранулы формируется за счет внешнего воздействия. С учетом их реологического поведения, разработанные реологические модели уплотнения сложных дисперсных систем основаны на таких фундаментальных знаниях, как теория адгезии Б.В. Дерягина, физико-химическая механика дисперсных сред П.А. Ребиндера, представления о капиллярно-пористых телах и механики уплотнения дисперсных сред М.Б. Генералова [2; 3; 8].

При уплотнении сложных многокомпонентных полидисперсных систем происходят структурные превращения под действием таких факторов, как: молекулярное взаи-

модействие, априори присущее исходным частицам, а также адсорбционных, поверхностно-активных и капиллярных сил, возникающих при вводе связующих. Результаты таких воздействий на мелкодисперсные частицы приводят к образованию агломератов или гранул. Из способов их образования можно выделить три основные группы:

- сухое гранулирование, которое осуществляется при отсутствии в зоне контакта частиц адсорбционных слоёв и капиллярной конденсации, а гранулы образуются при действии молекулярных и электростатических сил, а также за счет взаимодействия вдавливанием их друг в друга;

- граничное гранулирование, осуществляемое при зазорах между частицами такой малой величины, что находящиеся в них адсорбционные слои жидкости по своим свойствам существенно отличаются от частиц, что является основной причиной образования гранул;

- жидкостное (влажное) гранулирование, соответствующее соединению сухих частиц посредством жидкости в таких условиях, когда решающим фактором гранулообразования становится гидродинамика вязкой жидкости без учета природы частиц порошка и молекулярных взаимодействий.

Гранулирование ВМР сопровождается образованием кристаллизационных структур, мостиков из твердых частиц за счет сплавления, химических и твердофазных реакций, а также применения связующих, способных к отверждению. Большое распространение в технике утилизации отходов получило прессовое гранулирование, основанное на силовом воздействии, создающее определенные структуры в дисперсных системах с высокой концентрацией дисперсной фазы. В промышленности, на основе вышеперечисленных способов, применительно к многокомпонентным и полидисперсным шихтам сложилась следующая классификация методов гранулирования с учетом технологической влажности исходных материалов ( $W_{исх}$ , % масс): 1) метод таблетирования (таблет-машины),  $W_{исх}=(1-6)$ ; 2) метод компактирова-

ния и брикетирования на валковых прессах  $W_{исх}=(6-8)$ ; 3) метод формования и проходного прессования как в экструдерах, так и в роторных грануляторах с кольцевой и плоской матрицей  $W_{исх}=(10-18)$ ; 4) метод окатывания в тарельчатых, барабанных и скоростных грануляторах  $W_{исх}=(18-40)$ .

При выборе метода гранулирования разнородных сред необходимо руководствоваться определенными принципами. Перерабатываемые среды следует объединить в несколько групп, отличающиеся физико-химическими и структурно-деформационными свойствами, а также реологическими характеристиками [5]. Набор таких характеристик рассматриваемых материалов связан с тем, что они являются многокомпонентными шихтами, содержащими в своем составе хрупкие, пластичные, гигроскопичные и др. компоненты. При анализе характеристик дисперсных сред, промышленных шихт и отходов их реологические свойства в процессах гранулирования можно описать с помощью реологических моделей. Это связано с тем, что при подготовке шихт и гранулировании за счет механоактивации, ввода связующих и смешения, смесь «переходит» из одного реологического состояния в другое [6]. При этом дисперсная среда обладает предельным напряжением сдвига; предельные напряжения сдвига разрушают дисперсную среду, а напряженное состояние в любой точке объема описывается симметричным тензором напряжения. Изменения напряжения при нагружении в условиях сдвига можно описать с помощью механических моделей ньютоновских, вязких и вязкоупругих жидкостей. Деформация дисперсных сред происходит во время сдвига или скольжения объемов частиц под действием касательных напряжений вдоль полос скольжения [1]. Рассмотрим некоторые группы промышленных шихт, ДС и отходов и механические модели, используемые для их описания.

**Стекольные, эмалевые и стеклообразующие шихты**, поведение которых описывается моделью сыпучесвязных сред, а связь между нормальными  $\sigma_n$  и касательными  $\tau_n$  напряже-

ниями описывается уравнением Кулона-Мора;

$$\tau_n \leq f \cdot \sigma_n + C, \quad (1)$$

где:  $f = \operatorname{tg} \varphi$  - коэффициент внутреннего трения;  $\varphi$  - угол внутреннего трения;  $C$  - коэффициент сцепления.

**Шихты, составленные из песчаных смесей, кремнеземистых отходов и вяжущих на основе оксидов кальция** (например, формовочные смеси, безобжиговый силикатный гравий) ведут как сыпучепластичные среды, реологическое поведение которых описывается уравнением Кулона-Мора или Ньютона. Для вязкой среды Ньютона напряжения пропорциональны скорости деформации [9]

$$\tau = \eta \dot{\epsilon}; \quad \sigma = \eta_r \dot{\epsilon} \quad (2),$$

где:  $\eta$  - вязкость при сдвиге, Па·с;  $\dot{\epsilon}$  - скорость сдвига, с<sup>-1</sup>;  $\eta_r$  - вязкость при продольном течении, Па·с;  $\dot{\epsilon}$  - скорость продольного течения, с<sup>-1</sup>

**Гранулы и прессовки из природных цеолитов, перлита, трепела и углеродсодержащих адсорбентов** получают обычно экструзией или таблетированием с дальнейшей термообработкой. Их реологические свойства могут быть описаны при помощи моделей упругопластической среды, состоящей из элементов Гука и Сен-Венана, а также упруго-вязко релаксирующей среды Максвелла. При возрастании нагрузок могут возникать эффективные напряжения, которые превзойдут прочность жестких структурных связей, то есть при  $\tau < \tau_t$  происходит упругая деформация, а при  $\tau = \tau_t$  - пластическое течение. При этом в местах контактов возникают как жесткие структурные, так и водно-коллоидные связи. Для несвязных сыпучих, например сухих шихт, сопротивление сдвигу определяется только их сопротивлением трению (кулоново трение). Считают, что трение остается неизменным при постоянном нормальном давлении, а деформация независима от скорости нагружения. Работа, затраченная на пластическую деформацию, идет на преодоление внутреннего трения и полностью рассеивается, обращаясь в теплоту.

**Продукты медицинской и пищевой промышленности** (такие, как биологиче-

ские добавки, ферменты, абомин, лактозим, анальгин, молокосвертывающие сычужные ферментные препараты, содержащие сычужные ферменты, поваренную соль, крахмал, хлористый кальций и другие компоненты) получают методами таблетирования. Процесс уплотнения материала описывается компрессионными кривыми, характеризующими изменение плотности таблеток от удельного давления прессования. Графическая интерпретация результатов компрессионных испытаний выявила три стадии уплотнения материала. Это упругая деформация каркаса материала; структурно-механические изменения уплотняемых частиц материала и их пластическая деформация; пластическое затекание связующего в пространство между порами материала и образование плотно-прочной прессовки. В зависимости от химического состава эти материалы могут вести себя как упругое и упругопластическое тело, а их реологическое поведение описывается моделью, состоящей из упругого элемента Ньютона и пластического элемента Сен-Венана.

**Глинистые массы в виде порошков, содержащие воду и связующее** ведут как упруговязкие и пластичные тела, а их реологические свойства описываются моделями Кельвина-Фогта и Максвелла [8]. Для увлажненных вязких шихт, содержащих агрегаты частиц с водно-коллоидными связями, сопротивление сдвигу складывается из сил вязкости (вязкое сопротивление) и сил сцепления. Силы вязкости определяются скоростью нарастания напряжений сдвига, а силы сцепления – уплотняющими давлениями в местах контактов частиц. Деформация  $\epsilon$  тела Максвелла представляет сумму деформаций упругого и вязкого элементов  $\epsilon_y$  и  $\epsilon_b$  [9]:

$$\epsilon = \epsilon_y + \epsilon_b \quad (3)$$

Согласно закону Гука  $\epsilon_y = y/N$ , где  $y$  – относительная линейная деформация;  $N$  – модуль упругости, Па. Из закона Ньютона следует, что  $\dot{\epsilon}_b = y/z_e$ , где  $z_e$  – коэффициент объемной вязкости. Дифференцируя (3) и подставляя значения  $\dot{\epsilon}_b$  и  $\dot{\epsilon}_y$ , получим:

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_y + \dot{\epsilon}_b = \frac{1}{N} \dot{y} + \frac{1}{z_e} y. \quad (4)$$

Особенностью вязкоупругого тела, описываемого при помощи модели Кельвина-Фогта, является то, что деформация упругого и вязкого элементов одинакова и равна деформации тела в целом, а усилие, действующее на тело, равно сумме усилий в упругом и вязком элементах:

$$\tau = \nu G_c + \eta \dot{y} \quad (5)$$

где:  $\nu$  – деформация в момент времени  $t$ ;  $G_c$  – модуль упругости при сдвиге, Па.

Рассматриваемые среды характеризуются такими реологическими свойствами, как релаксация – процесс перехода упругой деформации в пластическую или процесс длительно протекающих деформаций под постоянной нагрузкой. Релаксация проявляется в конце процесса формования таких масс после снятия нагрузки.

**Органоминеральные удобрения (ОМУ)** содержат органическую и минеральную части. Их получают в порошковом виде на основе отходов химической промышленности, осадков сточных вод, торфа и сапропеля. В процессе гранулирования прокаткой, компактированием или окатыванием они ведут как пластичные упруговязкие или упруготвердеющие тела. Их поведение описывается комбинацией сложных реологических моделей, таких, как Кельвина-Фогта, Бингама, Шведова, Максвелла, а также Оствальда-де-Вилля. При выводе реологических уравнений таких моделей учитывается, что при последовательном соединении элементов общая деформация системы в каждый момент времени равна сумме деформаций её элементов, а усилия последних – такие же, как и усилие, приложенное к системе в целом. При параллельном соединении элементов в модели деформации элементов одинаковы и равны деформации системы в целом, а сумма сил, действующих на каждый элемент системы, равна общей силе, приложенной к телу.

Рассмотрим подробнее сложные модели упруговязких и упругопластических тел. Деформация тела, при последовательном соединении упругого  $\sigma = E(\epsilon_1)$  и вязкого  $\sigma = k(\epsilon_2)$  элементов запишется как [9]:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad (6)$$

Согласно закону Гука и Ньютона  $\varepsilon_1 = f_1(\sigma)$ ;  $\dot{\varepsilon}_2 = f_2(\dot{\sigma})$ . Дифференцируя (6) получим

$$\dot{\varepsilon} = f_1'(\sigma)\dot{\sigma} + f_2(\dot{\sigma}) \quad (7)$$

Обозначив  $f_1'(\sigma) = \Phi(\sigma)$ ;  $f_2(\dot{\sigma}) = \varphi(\dot{\sigma})$ , запишем уравнение (7) в виде

$$\dot{\varepsilon} = \varphi(\dot{\sigma}) + \dot{\sigma}\Phi(\sigma) \quad (8)$$

При наличии зависимостей  $\varphi(\dot{\sigma})$  и  $\Phi(\sigma)$  псевдолинейное дифференциальное уравнение может быть решено относительно  $\varepsilon$ .

При параллельном соединении упругого и вязкого элементов (тело Фогта) их деформации одинаковы и равны деформации тела в целом, а усилие, действующее на тело, равно сумме усилий в упругом и вязком элементах  $\sigma_1 = E(\varepsilon)$ ;  $\sigma_2 = \kappa(\dot{\varepsilon})$ :

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 \quad (9)$$

Запись уравнения относительно  $\dot{\varepsilon}$  имеет вид

$$\dot{\varepsilon} = \Phi_1(\sigma - E(\varepsilon)) \quad (10)$$

где:  $\Phi_1$  – функция, обратная функции  $\kappa$ . При известном виде функций  $\Phi_1$  и  $E(\varepsilon)$  уравнение также имеет аналитическое решение относительно  $\varepsilon$ .

В отличие от тела Фогта, тело Кельвина испытывает при нагружении мгновенную упругую деформацию, а затем уже развивается явление ползучести, т.е. соответствующая мгновенная деформация. Упругое тело Кельвина имеет две пружины и один амортизатор (рис.1).

Общий вид реологического уравнения для этого тела имеет вид:

$$A \frac{d\gamma}{dt} + B\gamma = C \frac{d\tau}{dt} + D\tau, \quad (11)$$

где A, B, C, D – выражения, составленные из модулей упругости и коэффициента вязкости.

Упруговязкое тело Бингама характеризуется тем, что в начале приложения нагрузки проявляются упругие свойства, а по дости-

жению некоторого предельного значения, «превращается» в тело с вязкими характеристиками. При этом скорость вязкого течения возрастает с увеличением внешнего усилия. Зависимость  $\tau$  от скорости деформации  $\dot{\gamma}$  имеет вид

$$\tau = \tau_T + \eta \cdot \dot{\gamma}, \quad (12)$$

где:  $\tau_T$  – предел текучести;  $\eta = \text{tg}\beta$  – коэффициент текучести.

Упруговязкопластическое тело Шведова отличается от тела Бингама способностью к релаксации напряжений и имеет вид

$$\dot{\gamma} = \frac{\tau_0 - \tau_T}{\eta} + \frac{\dot{\tau}}{G}, \quad (13)$$

где  $\tau_0$ ,  $\tau_T$  – начальное напряжение и предел текучести, характерные для тела Сен-Венана. Первый член правой части уравнения (13) характеризует скорость вязкого течения, а второй – скорость упругой деформации, пропорциональную скорости изменения напряжений. После преобразований уравнение (13) имеет вид:

$$\tau = \tau_T + (\tau_0 - \tau_T)\exp(-t/T_p), \quad (14)$$

где  $T_p$  – время релаксации.

Модели Сен-Винана и Бингама используются при описании процесса гранулирования ОМУ методом окатывания. При получении ОМУ методом компактирования на валковых прессах реологическая модель выражается через элементы Гука и Сен-Венана, соединенные параллельно.

Большую группу зернистых и дисперсных сред составляют **древесные и растительные**

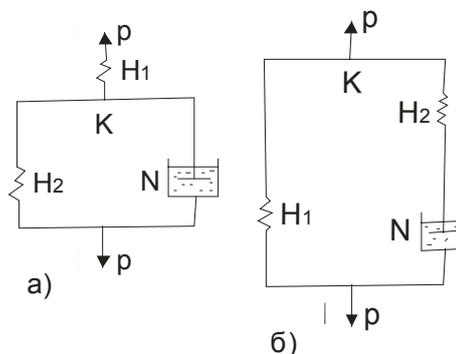


Рис. 1 Упруговязкое тело Кельвина: а) механическая модель при последовательном соединении элементов б) механическая модель при параллельном соединении элементов.

**отходы, а также комбикорма.** При их гранулировании на роторных грануляторах и компактировании на валковых прессах при использовании связующего и термонагрева до  $t=(70-200)^{\circ}\text{C}$  и механоактивации они «ведут» себя как сыпучая, сыпучепластичная и условно пластичная среды. Древесные отходы в виде опилок являются сложной реологической системой, содержащей целлюлозу, лигнин, растворимые в воде сахара и смолы. При их нагреве в процессе формования происходит деструкция этих компонентов с образованием жидкой пластифицированной фазы, что придает системе вязко-пластичные свойства. На первой стадии прессования под воздействием внешнего усилия происходит структурное уплотнение дисперсного слоя в результате смещения частиц относительно друг друга, а на второй стадии происходит его уплотнение в результате деформации частиц. При повышении нагрузки в точках контакта частиц возникают деформации, распространяющиеся по всему объему частиц. Соответствующие напряжения вначале не превышают предела упругости, а при увеличении нагрузки (на третьей стадии) достигают предела текучести. На этой стадии прессования упруго-пластическая деформация частиц определяет основные энергетические затраты процесса. В результате проходного прессования образуется прочная гранула с пористой структурой.

Описание реологической модели мелкодисперсных пластифицированных опилок в условиях сдвига основано на следующих положениях. При нагружении во входной части канала смесь вначале ведет себя как упругое тело Гука. С ростом напряжения сдвига достигается некоторый предел, после чего начинается вязкое течение со скоростью, пропорциональной напряжению сдвига. Рост температуры в объеме древесных отходов, проходящих через канал фильеры, приводит к выделению смол и лигнина. ДС «переходит» из сухого состояния в вязкое, что придает системе новые свойства. Реологическую модель таких сред можно представить в виде вязкого элемента Ньютона ( $N_1$ ), характеризующе-

го вязкие свойства связующего при сдвиге, упругого элемента Гука ( $H_0$ ) при сдвиге и пластического элемента Сен-Венана, характеризующего кулоново трение основы смеси ( $stv_1$ ).

Реологическая модель проходного прессования древесных опилок (ДО) методом проходного прессования можно представить в виде трех элементов, соединенных по схеме:

$$DO_{\text{сдвиг}} = N_1 - (H_0/stv_1) \quad (15)$$

Деформация механической модели будет складываться из деформации упругого элемента  $N_1$  и суммарного элемента ( $N+H_2$ ), то есть можно записать

$$\gamma = \gamma_{N_1} + \gamma_{\Sigma}, \quad (16)$$

где  $\gamma_{\Sigma}$  - деформация комплексного элемента тел Гука и Сен-Венана.

Значение  $\gamma_{N_1}$  определяется из уравнений

$$\gamma_1 = \frac{\tau}{G_1}, \dot{\gamma}_1 = \frac{\dot{\tau}}{G_1}$$

Деформация  $\gamma_{\Sigma}$  определяется из следующих соображений. При параллельном соединении полная нагрузка на тело равна сумме нагрузки на каждый элемент, а деформация (скорость деформации) равна деформации (скорости деформации) любого из составляющих его элементов. Исходя из общего правила реологии, для сложного элемента  $N+H_2$  можно записать

$$\tau = G_2 \gamma_{\Sigma} + \eta \dot{\gamma}_{\Sigma}, \quad (17)$$

где:  $\tau$  - напряжение сдвига комплексного элемента ( $N+H_2$ ),  $G_2$  - модуль упругости сдвига элемента  $H_2$ ,  $\eta$  - коэффициент вязкости  $N$ ,  $\dot{\gamma}_{\Sigma}$  - скорость деформации элемента  $N$ .

Продифференцируем уравнение (17) и получим выражение следующего плана

$$\dot{\gamma} + \frac{G_2}{\eta} \gamma = \frac{G_1 + G_2}{G_1 \cdot G_2 \cdot \eta} \dot{\tau} + \frac{1}{G_1} \tau \quad (18)$$

Уравнение (18) - линейное дифференциальное уравнение первого порядка, решение которого позволяет определить величину сдвига при статическом воздействии на дисперсную древесную среду. Установлено, что в зависимости от состава опилок, температуры, способа нагружения древесная смесь с пластифицирующими компонентами ведет себя как вязко-упругое пластичное тело.

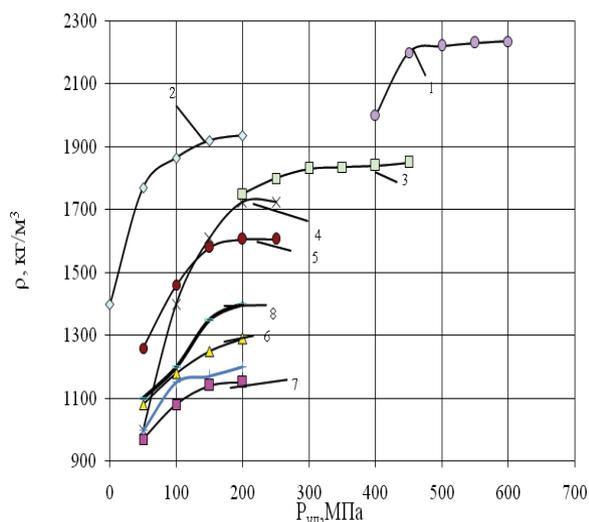


Рис. 2. Зависимость плотности многокомпонентных дисперсных сред от удельного давления прессования: 1- металлические порошки; 2-стекольные и эмалевые шихты; 3- золошлаковые отходы; 4- углеродсодержащие адсорбенты; 5- ферментные препараты и БАД; 6- пылевидная глина; 7- пористые материалы:перлит, микротальк; 8- древесные опилки (пеллеты); 9- ОМУ

Правомерность разделения ДС и отходов на такие группы по реологическим свойствам подтверждают компрессионные кривые, полученные при прессовании порошков в закрытой матрице (рис.2). Для оценочных расчетов компрессионные кривые могут быть описаны уравнениями степенного или экспоненциального вида [7]:

$$\theta = \theta_0 \cdot \left( 1 - e^{-\frac{|\sigma_{cp.}|}{\lambda \cdot \theta_0}} \right) \quad (19),$$

где:  $\theta = \ln(V_0/V)$  – натуральная логарифмическая оценка изменения объема порошка от начального значения  $V_0$  до текущего  $V$ ;  $\theta_0$  – объем порошка, при насыпной плотности;  $\sigma_{cp.} = -P_{уд}$  – среднее напряжение;  $P_{уд}$  – давление. Построив зависимость  $\rho = \rho(P_{уд})$  в виде

$$\theta = f \left( \frac{|\sigma_{cp.}|}{\lambda} \right),$$

можно для нелинейного участка кривой получить зависимость

$$|\sigma_{cp.}| = \lambda \cdot \theta_0 \cdot \ln \cdot \frac{\theta_0}{\theta_0 \cdot \theta},$$

где  $\lambda$ - угол, образованный касательной к компрессионной кривой в начале координат.

Ряд продуктов предпочтительнее гранулировать методом окатывания, который характеризуется получением менее прочных гранул. Механизм гранулообразования можно представить в виде шести стадий (рис.3).

Таким образом, проведенная классификация ДС и ВМР на основе реологических моделей их поведения в процессе деформирования и требований к конечному сгранулированному продукту (например, по форме частиц – сферические гранулы, «крупка», плитка, пелеты и таблетки) позволяет спрогнозировать механизм структурообразования материалов. Приведенная классификация позволяет определить комплексные физико-химические методы, механические и терми-



Рис. 3 Механизм гранулообразования шихты при её получении методом окатывания: 1-исходная шихта после перемешивания при начальной технологической влажности; 2-стадия увлажнения шихты; 3- первичная стадия образования гранул; 4- завершающая стадия образования гранулы; 5- стадия роста гранул; 6- окончательное структурообразование гранулы.

ческие действия, направленные на получение качественного плотнопрочного материала и тем самым, является элементом управления свойствами дисперсной среды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Виноградов Г.А., Каташинский В.П. «Теория листовой прокатки металлических порошков и гранул». – М.: Металлургия, 1979. – 224 с.
2. Генералов М.Б. Механика твердых дисперсных сред в процессах химической технологии: Учебное пособие для ВУЗов. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. – 592 с.
3. Дерягин Б.В., Кротова Н.А., Смигла В.П. Адгезия твердых тел. – М.: Наука, 1973. – 280с.
4. Классен П.В., Гришаев И.Г., Шомин И.П. Гранулирование. – М.: Химия, 1991. – 240 с.
5. Макаренков Д.А. «Исследование процесса компактирования и окатывания дисперсных сред с регулируемыми реологическими характеристиками»: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГУИЭ, 2000. – 260 с.
6. Назаров В.И., Макаренков Д.А. «Управление процессами грануляции полидисперсных шихт и порошков методами компактирования и окатывания на основе реологических моделей // Химическое и нефтегазовое машиностроение». – 2005 г., №6. – С.6-9
7. Перельман В.Е. Формование порошковых материалов. – М.: Металлургия, 1979. – 350 с.
8. Ребиндер П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. – М.: Наука, 1979. – 384 с.
9. Степанов Р.Д. Введение в механику полимеров. Издательство Саратовского университета, 1975. – 230 с.
10. Сулименко Л.М., Альбац Б.С. Агломерационные процессы в производстве строительных материалов. ВНИИЭСМ. – 1994. – 297с.
11. Чехов О.С., Назаров В.И., Калыгин В.Г. Вопросы экологии в стекольном производстве. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 144 с.

## РАЗДЕЛ III. ГЕОГРАФИЯ

УДК 502.5:621.311

**Брюхань А.Ф.**

ООО «ГрафПроектСтройИзыскания» (г. Щелково, Московская область)

### МАСШТАБЫ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ЛАНДШАФТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

**A.F. Bryukhan**

Limited Liability Company 'GrafProektStroyIziskaniya'  
(Shchelkovo, Moscow Region, Region)

#### SCALES OF TECHNOGENIC IMPACT OF THE THERMAL POWER PLANTS ON LANDSCAPE COMPONENTS

*Аннотация.* Для различных стадий жизненного цикла тепловых электростанций (ТЭС) выявлены масштабы техногенных воздействий ТЭС на ландшафтные компоненты. Установлено, что при штатном режиме эксплуатации ТЭС наибольший горизонтальный масштаб загрязнения характерен для атмосферы. В аварийных и чрезвычайных ситуациях максимальная протяженность зон загрязнения достигается при сбросе загрязненных сточных вод в реки или проточные водоемы, а также при загрязнении подземных вод. Отмечается, что масштабы техногенных воздействий определяются особенностями проектируемой ТЭС, генпланом размещения ее объектов и структурой ландшафтов территории.

*Ключевые слова:* техногенное воздействие, тепловая электростанция, загрязнение, природная среда, инженерно-экологические изыскания, ландшафт.

*Abstract.* For different stages of the life cycle of thermal power plants (TPPs), the scales of technogenic impacts of the TPPs on landscape components are elicited. It is found that in the case of routine TPP operation, the largest horizontal scale of contamination is typical of the atmosphere. In emergency situations the maximum size of the zones of contamination is reached when waste waters are discharged into rivers or flow reservoirs, as well as in cases of the groundwater pollution. It is noted that the scales of technogenic impacts stem from the design features of the TPP, the general plan of the TPP siting and the structure of landscapes of the territory.

*Key words:* technogenic impact, thermal power plant, pollution, environment, engineering surveying, landscape.

Действующими требованиями к производству инженерно-экологических изысканий для обоснования предпроектной и проектной документации различных этапов строительства тепловых электростанций (ТЭС) – нового строительства, реконструкции, вывода из эксплуатации, предусматриваются исследования различных ландшафтных компонентов в зонах техногенного воздействия (ЗТВ), относящихся к этим компонентам [7; 8]. При разработке программ геоэкологических исследований территорий размещения ТЭС в рамках инженерно-экологических изысканий необходимы предварительные данные о пространственных масштабах техногенных воздействий на ландшафтные компоненты [3; 14]. В процессе своей работы ТЭС оказывают многофакторное негативное воздействие на окружающую природ-

© Брюхань А.Ф., 2012.

ную среду. Основные механизмы такого воздействия включают:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- сброс химически загрязненных отработанных вод в поверхностные воды;
- загрязнение природной среды золошлаковыми отходами (угольными ТЭС);
- загрязнение и нарушение геологической среды;
- физическое (тепловое, радиационное, электромагнитное, акустическое) загрязнение ландшафтных компонентов;
- негативное воздействие на флору и фауну.

Согласно [3], ЗТВ понимается как территория вокруг промышленного (хозяйственного) объекта, в пределах которой возможно достоверное установление в процессе экологических исследований негативных изменений в ландшафтной оболочке, обусловленных многофакторным влиянием объекта. Поскольку в большинстве случаев наибольший масштаб воздействия касается атмосферы, этот масштаб и принимается в качестве масштаба ЗТВ. В работе [2] показывается возможность определения границ ЗТВ по данным спутниковых наблюдений за снежным покровом. Ареал загрязнений, вызванный воздействием ТЭС, характеризует комплексное загрязнение атмосферного воздуха, почвы, поверхностных вод и растительности. При этом конфигурация ЗТВ обусловлена не только количественными характеристиками техногенной нагрузки на окружающую среду, но также ландшафтными, климатическими, гидрологическими и другими особенностями территорий. Во избежание излишней детализации комплексных геоэкологических исследований территорий размещения ТЭС, а следовательно, и трудоемкости исследований и затрачиваемых средств на их проведение, важно оценить масштабы техногенных воздействий ТЭС на каждую компоненту техногенного ландшафта.

Принимая во внимание отмеченные выше механизмы комплексного воздействия ТЭС на ландшафтные компоненты, рассмотрим

масштабы техногенных воздействий на эти компоненты: атмосферу, поверхностные воды, геологическую среду (включая подземные воды), флору и фауну на основных стадиях жизненного цикла ТЭС. Масштабы воздействий на отдельные компоненты ландшафтов можно установить на основе результатов выполненных ранее инженерно-экологических изысканий на ряде объектов тепловой энергетики [3], а также на основе литературных источников [5; 9; 10, с. 13-17]. Масштабы техногенного воздействия ТЭС определяются особенностями проектируемой ТЭС, генпланом размещения ее объектов, а также структурой ландшафтов территории. Ниже рассматриваются масштабы техногенных воздействий ТЭС средней и большой мощности (более 300 МВт).

### **Строительство ТЭС**

**Атмосфера.** Загрязнение атмосферы происходит в результате выбросов сжигаемого топлива автотранспортом и строительной техникой, выполнения сварочных работ и неизбежного пыления, вызванного движением автотранспорта и строительными работами. В целом загрязнение атмосферы и опосредованное загрязнение других ландшафтных компонентов (почвы, поверхностных вод, растительного покрова) можно считать незначительным, а горизонтальный масштаб загрязнения можно принять соответствующим размерам площадки строительства (несколько километров). Вертикальный масштаб загрязнения атмосферного воздуха от наземных источников можно оценить в несколько десятков метров. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций, например, пожаров и взрывов, горизонтальный масштаб техногенного воздействия остается соответствующим размеру площадки. Вертикальный размер воздействия на атмосферу при чрезвычайных ситуациях составляет порядка 100 м.

**Поверхностные воды.** Масштабы техногенных воздействий на поверхностные воды существенно зависят от особенностей водных объектов и характера воздействий. Необходи-

димым элементом ТЭС является гидротехническая инфраструктура, создание которой может быть связано с крупномасштабными работами, например, строительством водохранилищ-охладителей, золошлакоотвалов и других объектов. Изменение рельефа местности в процессе строительных работ приводит к нарушению гидрологического режима бассейнов. Соответствующие горизонтальные масштабы техногенных воздействий соответствуют размерам водохранилищ или золошлакоотвалов и в большинстве случаев составляют 1-10 км. Вертикальный масштаб загрязнения поверхностных водных объектов соответствует их глубине (обычно десятки метров). Поскольку во многих случаях ТЭС сооружаются на берегах рек или проточных водохранилищ, то при аварийных сбросах загрязненных вод загрязнение может ощущаться на расстояниях в десятки и сотни километров вниз по течению рек.

**Почва.** Строительные работы на площадке ТЭС сопровождаются загрязнением и нарушением плодородного слоя почвы. Горизонтальный масштаб соответствует масштабу площадки ТЭС в совокупности с объектами гидротехнической инфраструктуры. Вертикальный масштаб соответствует масштабу мощности почвенного слоя (1 м). Такие же масштабы техногенных воздействий остаются при нештатных и аварийных ситуациях.

**Геологическая среда.** Строительство водохранилищ и золошлакоотвалов, рытье котлованов, буровзрывные и другие работы оказывают воздействие на геологическую среду с горизонтальными масштабами 1-10 км и вертикальными – в десятки метров. При аварийном загрязнении артезианских вод горизонтальная протяженность зоны загрязнения зависит от площади депрессионных воронок водозаборов и может достигать сотен километров [5]. Глубина зоны загрязнения артезианских вод может достигать сотен метров.

**Флора и фауна.** Подготовка территории для строительства объектов ТЭС влечет за собой отчуждение больших площадей земельных и лесных ресурсов, неизбежное на-

рушение гидрологического режима водных объектов. Эти факторы приводят к очевидно-му сокращению биоразнообразия и ухудшению условий существования флоры и фауны как на суше, так и в водной среде. Горизонтальный масштаб техногенного воздействия строительных работ на флору и фауну можно оценить в десятки километров, а вертикальный – в десятки метров (глубина водных объектов). В случаях аварийных сбросов загрязненных вод в реки масштабы воздействия на речные экосистемы такие же, как и при аварийном загрязнении речных вод.

### Эксплуатация ТЭС

**Атмосфера.** Загрязнение атмосферы происходит в результате выброса загрязняющих веществ из дымовых труб. Уровень загрязнения атмосферы определяется главным образом типом сжигаемого топлива (угля, торфа, сланцев, мазута, газа), технологией очистки выбросов, высотой дымовых труб, климатическими условиями атмосферной дисперсии, характером рельефа местности. Основные загрязняющие агенты включают окислы азота и серы, окись углерода, бенз(а)пирен, соединения тяжелых металлов, радионуклиды и другие токсичные вещества. Учитывая большое количество топлива, сжигаемого на мощных ТЭС, общий объем загрязняющих веществ, попадающих в атмосферу, весьма значителен. Исследования процессов самоочищения атмосферы от твердых частиц показывают, что частицы размером более 10 мкм относительно быстро оседают на земную поверхность, в то время как частицы размером 4-10 мкм могут увлекаться дымом до высот более 1 км и перемещаться по горизонтали на расстояния в сотни и даже тысячи километров [6; 12; 15; 16]. Еще более мелкие частицы плохо осаждаются с дождевыми каплями и способны мигрировать в атмосфере годами [6]. Оседающие на земную поверхность частицы выбросов угольных ТЭС, содержащие большие количества тяжелых металлов, проникают в почву и в грунтовые воды, а также смываются в поверхностные воды [2; 17].

Несмотря на это обстоятельство, идентифицировать зоны загрязнения при дальнейшем переносе частиц выбросов крайне сложно и возможно лишь с помощью тонких химико-аналитических методов. Реально выявить горизонтальный масштаб загрязнения можно лишь в десятки километров. Именно такой масштаб загрязнения установлен в работе [1]. По данным климатического справочника [4], в зависимости от региона высота слоя перемешивания изменяется от нескольких сотен метров до 3 км. Отсюда следует, что вертикальный масштаб загрязнения атмосферы составляет 1 км. В случае залповых выбросов масштаб распространения загрязнений остается таким же, что и в штатном режиме работы ТЭС. На состояние атмосферы оказывают влияние не только дымовые трубы ТЭС, но и градирни, пароконденсатные факелы которых могут приводить к туманам и морозящим осадкам, распространяющимся на несколько километров. При неустойчивом состоянии атмосферы пароконденсатные факелы могут подниматься до высот облаков нижнего яруса – по меньшей мере, до 1-2 км.

**Поверхностные воды.** Химическое загрязнение водного бассейна происходит двумя путями – из-за сброса загрязненных сточных вод и в результате осаждения и вымывания атмосферными осадками взвешенных частиц, выбрасываемых из дымовых труб [3]. По данным работы [1] установлено, что горизонтальный масштаб загрязнения земной поверхности составляет десятки километров. Соответствующий горизонтальный масштаб имеет и зона загрязнения поверхностных вод. Помимо химического загрязнения водных объектов, происходит также их тепловое загрязнение при функционировании системы охлаждения. Совокупное химическое и тепловое загрязнения водоемов-охладителей приводит к деградации не только водных экосистем, но и самих водохранилищ [9; 13]. Хотя степень загрязнения поверхностных вод в период эксплуатации ТЭС выше, чем при их строительстве, масштабы техногенных воздействий остаются теми же, что и в период строительства. Среди чрезвычайных

ситуаций с серьезными экологическими последствиями необходимо отметить возможность прорыва дамб мокрых золошлакоотвалов [10], как это произошло в США в декабре 2008 г. на предприятии «TVA Kingston» по складированию угольной золы. В результате прорыва дамбы потоки шлама (смеси золы и воды) устремились в реки Эмори и Клинч бассейна р. Теннесси [11]. В подобных случаях аварийного сброса загрязненных вод горизонтальный масштаб загрязнения может достигать сотен километров. Вертикальный масштаб соответствует глубине водных объектов и составляет десятков метров.

**Почва.** Загрязнение почвенного покрова вокруг ТЭС происходит главным образом в результате упомянутого выше осаждения и вымывания из атмосферы взвешенных частиц, попадающих на земную поверхность. Горизонтальный масштаб загрязнения почв – десятки километров, вертикальный – порядка 1 м.

**Геологическая среда.** В период эксплуатации ТЭС геологическая среда, нарушенная при проведении строительных работ, находится в стационарном состоянии. Соответственно, масштабы воздействия на нее остаются прежними. Однако в случае проникновения вод мокрых золошлакоотвалов в водонесущие горизонты при нарушении герметичности ложа золошлакоотвалов может произойти катастрофическое загрязнение грунтовых и артезианских вод. Другие возможные причины загрязнения подземных вод – проливы мазута из топливных резервуаров, технологических растворов, нарушение технологии эксплуатации подземных вод.

**Флора и фауна.** Как уже отмечалось, загрязнение воздуха, поверхностных вод и почвы распространяется на десятки километров. Соответственно, на таких расстояниях от ТЭС происходит деградация лесов и почвы, влекущая за собой и деградацию фауны. Таким образом, горизонтальный масштаб техногенного воздействия ТЭС на флору и фауну составляет десятки километров, а вертикальный – десятки метров (для водных объектов). При аварийных сбросах загряз-

ненных вод в реки масштабы воздействия на речные экосистемы составляют сотни километров (горизонтальный) и десятки метров (вертикальный).

### Реконструкция ТЭС и вывод их из эксплуатации

С точки зрения воздействия на природную среду этапы реконструкции ТЭС и вывода их из эксплуатации принципиально мало отличаются от нового строительства ТЭС. При этом масштабы техногенных воздействий ТЭС остаются в основном такими же, что и на этапе нового строительства, а

интенсивность этих воздействий снижается. После вывода ТЭС из эксплуатации и проведения рекультивационных работ техногенный ландшафт существенно изменяется и приобретает новое равновесное состояние. Являясь результатом техногенного изменения исходного природного ландшафта, преобразованный ландшафт после вывода ТЭС из эксплуатации характеризуется более низким энергетическим уровнем, чем исходный.

### Обсуждение результатов

С учетом результатов предыдущих разделов в табл. 1 приведены масштабы техно-

Таблица 1

Масштабы техногенных воздействий ТЭС средней и большой мощности на ландшафтные компоненты на различных этапах жизненного цикла ТЭС

Ландшафтные компоненты	Масштабы техногенных воздействий			
	штатный режим		аварийная или чрезвычайная ситуация	
	горизонтальный масштаб, км	вертикальный масштаб, м	горизонтальный масштаб, км	вертикальный масштаб, м
1	2	3	4	5
<b>Строительство, реконструкция, вывод из эксплуатации</b>				
Атмосфера	1	10	1	100
Поверхностные воды	10	10	10 (100)*	10
Почва	10	1	10	1
Геологическая среда	10	10	100	100
Флора и фауна	10	10	10 (100)	10
<b>Эксплуатация</b>				
Атмосфера	10	1000	10	1000
Поверхностные воды	10	10	10 (100)	10
Почва	10	1	10	1
Геологическая среда	10	10	100	100
Флора и фауна	10	10	10 (100)	10

\* В скобках указан горизонтальный масштаб загрязнения вод в случае размещения ТЭС на берегах рек или проточных водоемов, а также для угольных ТЭС с мокрыми золошлакоотвалами.

генных воздействий ТЭС средней и большой мощности на ландшафтные компоненты на различных этапах жизненного цикла ТЭС.

Необходимо отметить, что еще большие горизонтальные масштабы техногенных воздействий формируют объекты электроэнергетической инфраструктуры, например, линии электропередачи (ЛЭП) и транспортные коммуникации для транспортировки топлива. Вклад этой инфраструктуры в загрязнение природной среды весьма значителен. Так, для прокладки ЛЭП отчуждаются огромные земельные и лесные ресурсы. По всей своей протяженности негативное воздействие ЛЭП ощущается на несколько километров поперек их направления. Многолетняя перевозка угля за тысячи километров железнодорожными составами оказывает очевидное негативное влияние на ландшафтные компоненты, по меньшей мере, на расстояния в сотни метров от железнодорожного полотна. Однако эти объекты инфраструктуры относятся к другим хозяйствующим субъектам, и в случае необходимости их влияние на природную среду исследуется отдельно от влияния ТЭС [1].

Наиболее подвижной и подверженной загрязнениям ландшафтной компонентой является атмосфера, и она в значительной степени влияет на загрязнение почвы и поверхностных вод, а также на деградацию биоты. Поэтому при штатном режиме эксплуатации ТЭС именно для атмосферы характерен наибольший масштаб загрязнения, обусловленный работой ТЭС. В аварийных и чрезвычайных ситуациях максимальный горизонтальный масштаб загрязнения достигается при сбросе загрязненных сточных вод в реки или проточные водоемы, а также в случае загрязнения подземных вод. Поэтому при определении масштабов ЗТВ следует исходить, в первую очередь, из этих обстоятельств.

### Заключение

1. На основе материалов выполненных ранее инженерно-экологических изысканий в районе размещения различных ТЭС и литературных данных установлены масштабы

техногенных воздействий ТЭС на ландшафтные компоненты для различных стадий жизненного цикла ТЭС.

2. Масштабы техногенных воздействий определяются особенностями проектируемой ТЭС, генпланом размещения ее объектов и структурой ландшафтов территории.

3. Установлено, что при штатном режиме эксплуатации ТЭС наибольший горизонтальный масштаб загрязнения характерен для атмосферы. В аварийных и чрезвычайных ситуациях максимальная протяженность зон загрязнения достигается при сбросе загрязненных сточных вод в реки или проточные водоемы, а также при загрязнении подземных вод.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Брюхань А.Ф. Зоны техногенного воздействия тепловых электростанций // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. Сер. «Естественные науки». – 2011. – Вып. 1. – С. 16-22.
2. Брюхань А.Ф. Оценка техногенного загрязнения ландшафтов выбросами тепловых электростанций по результатам снегомерной съемки // Вестник Московского государственного областного университета. Сер. «Естественные науки». – 2010. – № 4. – С. 90-93.
3. Брюхань А.Ф., Брюхань Ф.Ф., Потапов А.Д. Инженерно-экологические изыскания для строительства тепловых электростанций. – М.: АСВ, 2010. – 192 с.
4. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие / Под ред. Э.Ю. Безуглой и М.Е. Берлянда. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.
5. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. – М.: Недра, 1987. – 235 с.
6. Рябчиков А.М. Самоочищение атмосферы от техногенных воздействий // Вестник Московского университета. Сер. «География». – 1971. – № 3. С. – 9-13.
7. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М.: Минстрой России, 1997. – 44 с.
8. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – М.: Госстрой России, 1997. – 41 с.
9. Суздалева А.Л., Безносков В.Н. Изменение гидрологической структуры водоемов при их

- превращении в водоемы-охладители атомной (тепловой) электростанции // Инженерная экология. – 2000. – № 2. – С. 47-55.
10. Coal Ash Impoundment. Four Corners Power Plant. // Project 091330. Final Report. – Centennial (CO), GEI Consultants Inc., 2009. –125 pp.
  11. Dewan S. Water Supplies Tested after Tennessee Spill // The New York Times. – 2008. – December 23.
  12. Fellenberg G. The Chemistry of Pollution. – Chichester (UK), John Wiley & Sons Ltd., 2000. 192 pp.
  13. Kane B., Julien P.Y. Specific Degradation of Watersheds // International Journal of Sediment Research. – 2007. – Vol. 22. – PP. 114-119.
  14. Kumar S., Rao D.N. Environmental Regulation and Production Efficiency: A Case Study of the Thermal Power Sector in India // Journal of Energy and Development. – 2003. – Vol. 29(1). – PP. 81-94.
  15. Mason B.J. Acid Rain. Its Causes and its Effects on Inland Waters // Science, Technology and Society Series. – Oxford: Clarendon Press, 1992. – 126 pp.
  16. Pacyna J.M., Semb A., Hanssen J.E. Emission and Long-Range Transport of Trace Elements in Europe // Tellus. – 1984. – Vol. 36B. – PP. 163-178.
  17. Stewart B.R., Daniels W.L., Zelazny L.W., Jackson M.L. Evaluation of Leachates from Coal Refuse Blended with Fly Ash at Different Rates // Journal of Environmental Quality. – 2001. – Vol. 30. – PP. 1382-1391.

УДК 911.52 : 574.42 (478.9)

**Капитальчук И.П.**

*Приднестровский государственный университет  
им. Т.Г. Шевченко (г. Тирасполь)*

## **ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ДНЕСТРОВСКО-ПРУТСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

**I.P. Kapitalchuk**

*Taras Shevchenko Transdnestrian State University (Tiraspol)*

### **PECULIARITIES OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF FOREST ECOSYSTEMS BETWEEN THE RIVERS DNIESTER AND PRUT**

*Аннотация.* Изложены результаты анализа антропогенной трансформации трех зональных групп лесных экосистем на территории Днестровско-Прутского междуречья: 1) свежих типов, 2) сухих типов и 3) очень сухих типов. Представлены схемы направления трансформации этих экосистем. В свежих буково-грабовых лесах под воздействием хозяйственной деятельности постепенно увеличивается доля граба. При этом экологические условия в производных фитоценозах мало изменяются. В дубравах при смене дуба грабом происходит изменение состава и состояния подлеска и травяного покрова. Состав и характер производных фитоценозов зависит от положения исходной экосистемы в рельефе. При этом важным фактором является экспозиция склона. Антропогенное воздействие на сухие и очень сухие типы лесных экосистем приводит к их деградации и формированию более сухих местообитаний по сравнению с исходными условиями. Антропогенная трансформация лесных экосистем в междуречье Днестра и Прута привела к потере ими устойчивости и постепенной деградации.

*Ключевые слова:* лес, лесная экосистема, лесной фитоценоз, антропогенный фактор, трансформация, деградация.

*Abstract.* We present the results of the analysis of anthropogenic transformation of the three zonal groups of forest ecosystems in the Dniester-Prut interfluvium: (i) fresh types, (ii) dry type, and (iii) very dry type. Schemes of the direction of transformation of these ecosystems are given. In fresh beech-hornbeam forests the influence of the economic activity gradually increases the proportion of hornbeam trees. At the same time, the environmental conditions in the derivatives of plant communities change little. In oak groves, when hornbeam trees replace oak trees, there occurs a change in the composition and condition of undergrowth and grass cover. The composition and nature of the derivatives of plant communities depends on the position of the original ecosystem in the landscape. An important factor is the exposure of the slope. Anthropogenic impact on dry and very dry types of forest ecosystems leads to their degradation and to formation of drier habitats compared to initial conditions. Anthropogenic transformation of forest ecosystems between the rivers Dniester and Prut has led to the loss of stability and gradual degradation.

*Keywords:* forest, forest ecosystem, forest phytocenosis, anthropogenic factor, transformation, degradation.

Сельскохозяйственное освоение земель и продолжающаяся не одно столетие нерациональная эксплуатация лесов в междуречье Днестра и Прута привели к резкому сокращению их площади, а также подорвали самовосстановительный потенциал лесов. Поэтому приоритетной задачей для этой территории должно быть сохранение и восстановление коренных типов лесных фитоценозов, отличающихся долговечностью, способностью в полной мере выполнять экологические и социально-экономические функции. Эта задача должна решаться с учетом современного состояния коренных типов лесных экосистем и направления их развития. В научной литературе состояние лесов Молдавии достаточно полно освещалось в прошлом и эпизодически рассматривается в настоящем. Однако до сегодняшнего дня отсутствуют целостные представления о направлении развития лесных экосистем на данной территории. В связи с этим целью настоящей статьи является анализ особенностей трансфор-

мации различных коренных типов лесных экосистем Днестровско-Прутского междуречья под воздействием хозяйственной деятельности человека.

Лесные экосистемы на территории Днестровско-Прутского междуречья в зависимости от почвенно-гидрологических и климатических условий можно разделить на четыре группы: свежие, сухие, очень сухие (субаридные) и азональные (влажные и сырые) типы [1–5]. В данной работе рассматриваются только зональные типы лесов.

К числу главных антропогенных факторов, приводящих к трансформации лесных экосистем, следует отнести многократные рубки древостоя, ненормированный выпас скота и сенокосение. Определяющая роль в изменении коренных фитоценозов принадлежит рубкам, которые приводят к формированию производных древостоев порослевого происхождения с измененным составом древесных пород и/или постепенной деградации эдификатора. Смена состава и характера древесного яруса может сопровождается изменением экологических условий и последующей трансформацией сопутствующих растительных сообществ, почвообразующих процессов и т. д.

### Особенности трансформации свежих типов лесных экосистем

В зависимости от эдификатора в этой группе экосистем выделяют четыре типа [1–5]: свежая кодринская бучина, свежая буковая дубрава, свежая молдавская дубрава из дуба скального и свежая молдавская дубрава из дуба черешчатого. В составе коренного древостоя *свежей кодринской бучины* господствует бук европейский с примесью явора, клена остролистного, ильма, липы войлочной, дуба скального и черешчатого. Этот тип экосистем имеет ограниченное распространение в северо-западной части Кодр на высоте 280–400 м над уровнем моря. Под влиянием многократных рубок в свежей кодринской бучине формируются производные подтипы, которые можно представить в виде

следующего ряда:

*свежая кодринская бучина* → *грабовые бучняки* → *буковые грабняки*.

Характерной особенностью этого типа является то, что древесный ярус растительных ассоциаций в производных подтипах обычно различается не составом пород, а количественным их соотношением: от незначительной примеси граба в коренном древостое до его преобладания в буковых грабняках [5]. Соотношение древесных пород в подтипах обусловлено главным образом количеством и видом рубок древостоя. Экологические условия в грабняках мало отличаются от условий произрастания растений под пологом бучняков. Поэтому состав и структура подлеска и травяного покрова в производных грабняках довольно скоро восстанавливаются после рубки и сохраняются неопределенно долго, несмотря на смену эдификатора [1; 2; 5]. Несмотря на хорошие условия увлажнения, свежая кодринская бучина обладает довольно низким самовосстановительным потенциалом. Во-первых, росту самосева бука и других пород препятствует мощная (2–4 см) медленно разлагающаяся подстилка, а во-вторых, уничтожение подростка в результате выпаса скота. Отметим, что в некоторых случаях под влиянием выпаса скота постепенно образовались своеобразные растительные ассоциации, которые авторы работы [5] выделили в отдельную разновидность – полумертвопокровный грабовый бучняк.

Основной лесообразующей породой в коренных ассоциациях *свежей буковой дубравы* является дуб скальный, которому постоянно сопутствуют бук и граб. Этот тип экосистем встречаются в северо-западной части Кодр, располагаясь на высоте 215–380 м над уровнем моря [1; 5]. После вырубки основных древостоев образуется один производный подтип – *буково-грабовый дубняк*. Породный состав производного древостоя постоянен, но изменяются количественные соотношения между дубом и грабом. После вырубки основных древостоев усиливается роль граба, однако в пределах типа *свежей буковой дубравы* однопородные грабняки

обычно не возникают [5]. Как указывалось выше, при смене бука граб мало влияет на изменение состава и состояния подлеска и травяного покрова, при смене же дуба, наоборот, лесообразующая роль граба проявляется настолько сильно, что светлюбивые дубравные травянистые виды постепенно уступают место более теневыносливым растениям.

**Свежая молдавская дубрава из дуба скального** представлена липово-ясенево-дубовыми и грабово-дубовыми лесами из дуба скального, которые широко распространены на большей части Кодр, в районах правобережного Приднестровья, возвышенных частях Припрутской холмистой равнины, реже в северных районах Молдавии и на Тигечской возвышенности. Они расположены на высотах 200–400 м над уровнем моря, занимая водоразделы и склоны преимущественно южных экспозиций [1; 3–5]. В зависимости от мезоклиматических условий, особенностей коренных ассоциаций, оборота и способа рубок в свежей молдавской дубраве из дуба скального формируются следующие основные производные древостои [1; 4; 5]:

1) *коренные липово-ясенево-дубовые насаждения* → *липово-грабовые дубняки* → *дубняки порослевого происхождения* (возникают преимущественно на склонах южной экспозиции, более сухих и освещенных);

2) *коренные липово-ясенево-дубовые насаждения* → *липовые дубняки* → *липняки порослевого происхождения* (возникают преимущественно на склонах южной, восточной и западной экспозиций, в средней или верхней их части);

3) *коренные липово-ясенево-дубовые насаждения* → *липово-дубовые ясенники* → *дубовые ясенники* → *липовые ясенники* → *ясенники порослевого и семенного происхождения* (возникают преимущественно на водоразделах и приводораздельных участках склонов на почвах легкого механического состава, богатых питательными веществами);

4) *коренные грабово-дубовые насаждения* → *ясенево-грабовые дубняки* → *дубовые грабняки* → *ясеневые грабняки* → *грабняки порослевого происхождения* (возникают на склонах се-

ро-восточной, северо-западной, реже северной экспозиции, преимущественно в средней и нижней их части).

Таким образом, в свежей молдавской дубраве из дуба скального, в отличие от свежей кодринской бучины и свежей буковой дубравы, в результате нескольких оборотов рубки изменяется не только количественные соотношения пород, но также и видовой состав древесного яруса.

Коренные древостои **свежей дубравы из дуба черешчатого** встречаются редко. В результате рубок из-за слабого возобновления дуба он постепенно выпадает из древостоев, происходит усиление роли граба, а на повышенных местоположениях – липы и ясеня [1; 4; 5]. Образование производных древостоев можно отобразить в виде следующих схем:

1) *коренные грабово-дубовые древостои* → *порослевые дубовые грабняки*;

2) *коренные грабово-ясенево-дубовые древостои* → *ясеневые грабняки* → *чистые порослевые дубняки из дуба черешчатого*;

3) *коренные грабово-ясенево-дубовые древостои с примесью липы* → *дубово-ясеневый липняк*;

4) *коренные грабово-ясенево-дубовые древостои* → *дубовые ясенники*.

### **Особенности трансформации сухих типов лесных экосистем**

Сухие типы леса распространены во всех лесных районах Молдавии на водораздельных плато и склонах преимущественно южных экспозиций. В этой группе лесных экосистем выделяют следующие типы [1; 3-5]: сухая грабинниковая дубрава, сухая дубрава из дуба скального, сухая черешневая дубрава, сухая дубрава из дуба черешчатого, сухая дубрава из дубов скального, черешчатого и пушистого, сухая гырнецовая дубрава.

**Сухая грабинниковая дубрава** представляет значительный интерес в ботанико-географическом аспекте как редко встречающийся тип леса и как единственное местоположение грабинника на территории Молдавии, оторванное от основного ареала этого вида. Ее

особенность обусловлена присутствием во втором ярусе грабинника, наряду с кленом полевым [5]. Трансформацию древостоя сухой грабинниковой дубравы под воздействием рубок можно представить в следующем виде: *коренные ясенево-дубовые леса из дуба скального* → *порослевые ясеневые дубняки*.

*Сухая дубрава из дуба скального* с примесью липы, черешни, ясеня и дуба черешчатого распространена преимущественно в южной части Кодр, реже на Приднестровской и Тигечской возвышенностях, в районах левобережного Приднестровья. В результате многократных рубок на месте коренных дубняков формируются производные порослевые древостои двух разновидностей: *скупшиевый дубняк* и *воробейниковый дубняк* [5].

Экосистемы *сухой черешневой дубравы* характерны для северных районов Молдавии в условиях свежего макроклимата, где следовало ожидать формирование свежих типов леса. Причины такого несоответствия недостаточно установлены, хотя высказывалось предположение, что этот сдвиг условий местообитаний вызван, вероятно, антропогенной нарушенностью фитоценозов [5]. Для этого типа является характерным одноярусный древостой, образованный дубом черешчатым с постоянной примесью черешни. Производные древостои, возникающие в результате вырубki коренных, отличаются порослевым происхождением дуба и отсутствием или незначительным участием черешни.

Районами распространения *сухих дубрав из дуба черешчатого* являются Кодры, Припутье, Приднестровская возвышенность, левобережное Приднестровье, местами южная часть Молдавии. Коренные древостои этого типа одноярусные, состоят из дуба черешчатого, с примесью единичных деревьев ясеня, черешни, ильма горного, липы мелколистной. В результате многократных рубок коренные древостои семенного происхождения заменяются порослевыми дубняками с угнетенным состоянием эдификатора. В производных насаждениях на первых этапах господство в травяном покрове переходит к мятлику узколистному, а затем внедряются

ксерофиты и сорные растения [1; 5]. То есть, в процессе антропогенного воздействия в этих фитоценозах состав травяного покрова изменяется в сторону ксерофитизации и остепнения.

В юго-западных Кодрах, где находится полосоаппроксимация ареалов трех видов дуба – пушистого, скального и черешчатого, формируются своеобразные смешанные древостои с преобладанием одного из этих видов. В зависимости от преобладания вида дуба значительно изменяется видовой состав и структура подчиненных ярусов, то есть фитоценоз в целом сближается с соответствующим типом, в котором данный вид является эдификатором [5]. В настоящее время на месте коренных древостоев этого типа сформировались порослевые дубняки из дубов скального, черешчатого и пушистого с преобладанием одного из них [1; 4; 5]. На более крутых эродированных склонах со смытыми маломощными почвами располагается *сухая судубрава из дубов скального, черешчатого и пушистого*, которая отличается очень расстроенными одноярусными древостоями порослевого происхождения [4; 5]. Деградации леса и развитию здесь ускоренной эрозии почв способствует постоянный выпас скота.

На юго-западной и западной периферии Кодр встречаются экосистемы *сухой гырнецовой дубравы*. Господство в древостое дуба пушистого с примесью дуба черешчатого, клена и ясеня указывает на близость этого типа к сухой дубраве из дубов скального, черешчатого и пушистого [1; 5].

В отдельный тип *сухой нарушенной дубравы* мы выделили экосистемы, для которых объединяющим признаком служит высокая степень деградации, отличающаяся отсутствием даже производных древостоев [1]. Эти производные фитоценозы представлены зарослями кустарников и видоизмененным травяным покровом [1; 4].

В целом процесс антропогенной трансформации сухих типов леса с определенной долей условности можно представить в виде следующей схемы: *коренной фитоценоз сухой дубравы* → *разнотравный дубняк* → *узколист-*

*номятликовый дубняк → остепненный дубняк → сухая судубрава → кустарниковые заросли из дуба и других кустарников.*

**Особенности трансформации очень сухих типов лесных экосистем.** Субаридные (очень сухие) типы лесных экосистем распространены преимущественно в южных районах Молдавии на высоте 150–200 м над уровнем моря на плакорах и пологих склонах [1; 3–5]. Здесь формируются своеобразные экосистемы, адаптированные к экстремальным засушливым условиям – *субаридная дубрава из дуба черешчатого и субаридная гырнецовая дубрава из дуба пушистого.*

Коренные фитоценозы субаридных дубрав к настоящему времени практически не сохранились и представлены их производными модификациями с различной степенью антропогенной трансформации. Экологические условия произрастания субаридных дубрав мало благоприятны для возобновления леса и успешного его роста после вырубки. Семенному возобновлению леса препятствует задержание почвы, выпас и сенокосение. Поэтому после многократных рубок существующие естественные насаждения представлены изреженными порослевыми древостоями с корявыми низкорослыми стволами, часто образующими гнезда или куртины, разделенные полянами. Участки более старого леса имеют парковый вид. Благодаря сходству внешнего облика этих дубрав из дуба черешчатого и дуба пушистого их часто объединяют под общим названием «гырнецы» [1; 3–5]. Последовательный ряд деградации субаридной дубравы практически аналогичен процессу антропогенной трансформации сухих типов леса и может быть представлен в виде следующей схемы: *разнотравный дубняк → узколистномятликовый бородачевый дубняк → остепненный дубняк → очень сухая судубрава → кустарниковые заросли из дуба и других кустарников.*

Обратим внимание, что антропогенное воздействие на экосистемы сухой и субаридной дубрав приводит к формированию более сухих местообитаний по сравнению с исходными условиями, что, в свою очередь,

способствует изменению макроклимата в сторону его аридизации. Задержание почвы в осветленных лесах, недостаток влаги, выпас скота, а в последнее время и существенное воздействие возросшей численности кабанов препятствуют семенному возобновлению дуба. В этих условиях ставка на порослевое возобновление дуба при сплошных рубках привела не только к угнетению эдификатора, но и явилась причиной выпадения дуба из древостоя, обуславливая уменьшение его доли в составе насаждений и, соответственно, увеличение доли сопутствующих видов.

### Выводы

На территории Днестровско-Прутского междуречья коренные лесные экосистемы под воздействием антропогенных факторов существенно трансформированы, подорван их самовосстановительный потенциал, наблюдается потеря ими устойчивости и постепенная деградация. Отсюда следует, что при нынешнем состоянии лесных экосистем их восстановление невозможно без реализации специальных научно обоснованных мер и мероприятий по выращиванию устойчивых, высокопродуктивных, высокотоварных лесонасаждений, способных эффективно выполнять разнообразные экологические и социально-экономические функции.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Капитальчук И.П. Типология лесных природно-территориальных комплексов Молдавии. – Бендеры: «Полиграфист», 2010. – 128 с.
2. Капитальчук И.П. Особенности идентификации лесных природно-территориальных комплексов в условиях сильной антропогенной преобразованности территории // Проблемы региональной экологии. 2011. – № 3. – С. 30-34.
3. Лесные растения (сосудистые). Серия «Растительный мир Молдавии». – Кишинев: Штиинца, 1986. – 296 с.
4. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. – Киев: «Урожай», 1987. – 559 с.
5. Типы леса и лесные ассоциации Молдавской ССР /под ред. Д.В. Воробьева. – Кишинев: «Карта Молдовеняскэ», 1964. – 268 с.

УДК 502.75

**Лебедев В.В.**

*Региональная горнорудная компания (г. Москва)*

## **АККУМУЛЯЦИЯ МЕТАЛЛОВ В ХВОЕ ЛИСТВЕННИЦЫ НА ЗОЛОТОСЕРЕБРЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ «КЛЕН»**

**V.V. Lebedev**

*Limited Liability Company 'Regional Mining Company', Moscow*

### **ACCUMULATION OF METALS IN LARCH NEEDLES ON THE 'KLYON' GOLD – SILVER DEPOSIT**

**Аннотация.** По результатам полевых работ по отбору 26 проб хвои лиственницы на территории месторождения «Клен» (Билибинский район Чукотского автономного округа) и их лабораторных исследований выполнена эколого-геохимическая оценка аккумуляции металлов в хвое. Показано что уровень аккумуляции микроэлементов в хвое может служить индикатором экологического состояния территории. Установлено, что в целом по исследованной территории экологическое состояние растительности характеризуется минимальным уровнем загрязнения. Локальное загрязнение хвои в единственной пробе может быть обусловлено близким к земной поверхности расположением горных пород с высоким содержанием металлов, характерных для месторождения.

**Ключевые слова:** инженерные изыскания, окружающая среда, загрязнение, месторождение, хвоя, металл, микроэлемент, аккумуляция.

**Abstract.** As a result of field works, 26 samples of larch pine needles were selected on the territory of the Klyon deposit (Bilibinsky district of Chukotka Autonomous Okrug) and then examined at the laboratory. The results obtained allowed ecological and geochemical estimation of accumulation of metals in pine needles. It was found that the level of accumulation of microelements in pine needles may act as an indicator of the territory's ecological condition. It was established that generally the ecological condition of the examined territory is characterized by the minimal level of pollution. Local pollution of the pine needles in the sole sample may be due to the position of the geological materials with a high metal content typical for the minefield, close to the ground surface.

**Key words:** engineering surveying, natural environment, pollution, minefield, needles, metal, microelement, accumulation.

Месторождение «Клен» расположено в Билибинском районе Чукотского автономного округа в междуречье ручьев Клен и Алиса – левых притоков ручья Раковского, протекающего в бассейне р. Кричальской на левобережье р. Большой Анюй. Площадь месторождения составляет около 1,5 км<sup>2</sup>. Расстояние от месторождения до г. Билибино по прямой составляет около 250 км. В настоящее время на месторождении проводятся предпроектные и проектные работы по его обустройству. Инженерные изыскания для обеспечения строительных работ на месторождении проводятся с 2011 г. Их завершение планируется в 2012 г. В период 1984-2010 гг. на ранее ненарушенной территории месторождения стали проводиться геолого-разведочные работы (бурение скважин, проходка разведочных выработок, прокладка подъездных путей для автотранспорта, буровой и дорожной техники, обустройство временной жилой инфраструктуры), обусловившие значительное техногенное воздействие на территорию. В связи с техногенным воздействием на территорию происходят геохимические изменения в ландшафтных компонентах, в том числе и аккумуляция металлов в растительности. Их содержание в растениях, например, в хвое лиственницы является индикатором общего загрязнения окружающей среды [1; 3]. Поэтому исследование уровня накопления металлов в растительном покрове представляет интерес с точки зрения получения исходных данных для количественной оценки последующего загрязнения территории в процессе эксплуатации месторождения.

© Лебедев В.В., 2012.

### Полевые работы и лабораторные исследования

В рамках инженерно-экологических изысканий в августе 2011 г. было выполнено опробование образцов хвои лиственницы в пределах естественных мест произрастания лиственницы, а также в пределах территории, нарушенной разведочными работами. Инженерно-экологические изыскания выполнялись в соответствии с требованиями [5; 6]. Всего было отобрано 26 проб хвои (16 – на техногенных участках и 10 – на фоновых). В пределах техногенной территории отбор проб проводился по равномерной сети с шагом 300-400 м, а за ее пределами – по радиально направленным от центра месторождения профилям с шагом 600-1000 м. Пробы отбирались методом конверта. Масса пробы составляла 300-500 г. Лабораторные химические исследования проводились в аттестованной лаборатории ФГУПП «Урангео» (г. Иркутск). Определение микроэлементного состава выполнено методом приближенно-количественного эмиссионного спектрального анализа по 32 химическим элементам на многоканальном спектрографе ДФС-8 методом просыпки.

### Результаты и обсуждение

Для расчета средних значений концентраций используются средние значения содержания элементов в золе проб, выраженные в долях весовых процентов и в мг/кг золы. Локальный фон растительности определялся на основании химических анализов проб, отобранных с участков, не нарушенных техногенной деятельностью. Биогеохимическое опробование применяется для контроля загрязнения почв и грунтов и оценки качественного состояния растительных ассоциаций в естественном и нарушенном состоянии [7]. Известно, что поглощение и накопление микроэлементов растениями происходит через корневую систему из почвенно-грунтовых растворов и поглощением их из пыли через листья [2]. На исследуемой территории этот процесс связан в основном с первым из указанных механизмов поступления метал-

лов. Установлено, что фоновое содержание микрокомпонентов в золе растительности ниже кларковых. Исключение составляют Mn, Mo, В. Фоновые значения Sr чуть ниже кларковых, но близки к ним. Из результатов анализов следует, что на техногенном участке территории содержание металлов сходно с фоновым и отличается от последнего несколько более интенсивным накоплением. Наблюдаются также и различия. На техногенном участке повышен фон по Cr и V, но Mo намного ниже фонового (см. табл. 1, 2). Для эколого-геохимической оценки состояния хвои в табл. 1, 2 приведены коэффициенты концентрации  $K_k$  – отношения средних по пробам концентраций элементов в хвое к их кларкам.

Для растений одним из основных показателей аккумуляции химических элементов является коэффициент биологического накопления  $K_{бн}$ , представляющий собой отношение содержания определенного химического элемента в золе растений к содержанию этого же элемента в питающей среде. Эта величина отражает интенсивность питания растений, в котором первостепенную роль играют ионы. Сопоставление концентраций микроэлементов в хвое с соответствующими концентрациями в почве и грунтах показывает, что содержание Mo, Zr, Cu, Zn, Be, Sr и В в хвое на техногенном участке превышает их количество в почве и грунтах. Таким образом, для этих элементов характерны максимальные коэффициенты биологического накопления. В качестве показателя приспособленности растительных сообществ к геохимическим условиям местности может служить зольность листьев и хвои. Чем больше зольность, тем лучше приспособлено растение к условиям территории своего произрастания [1]. Необходимо отметить, что в данной работе рассматривается суммарная зольность, учитывающая также вклад механических частиц – пыли и аэрозолей, оседающих на поверхности хвои. Однако это обстоятельство не противоречит возможности интерпретации комплексного загрязнения растений как индикатора состояния ландшафтов. В нашем

случае на техногенном участке зольность хвои лиственницы варьирует в пределах 2,56-4,98 %. В естественных условиях растительность характеризуется меньшей зольностью.

При оценке степени химического загрязнения растительности микроэлементами использовался суммарный показатель  $Z_c$  и те же градации уровней загрязнения отдельных

Таблица 1

**Содержание химических элементов в золе лиственницы на техногенном участке месторождения «Клен», мг/кг**

Элементы	Кларки золы растений, мг/кг	Минимум	Максимум	Среднее значение	$K_k$
Fe	–	4000	30000	8940	–
Mn	4100	8000	50000	21800	5,3
Ni	40	1	80	7,1	0,2
Co	10	2	5	2,5	0,3
Ti	650	80	1000	258	0,4
V	30	10	40	25	0,8
Cr	35	10	400	66	1,9
Mo	12	1	10	3,1	0,3
Zr	150	30	100	69	0,5
Cu	160	50	80	60	0,4
Pb	50	3	4	3,4	0,1
Zn	600	60	200	102	0,2
Be	–	1	1	1	–
Sr	700	400	800	582	0,8
B	500	300	1000	820	1,6

Таблица 2

**Содержание химических элементов в золе лиственницы на фоновом участке месторождения «Клен», мг/кг**

Элементы	Кларки золы растений, мг/кг	Минимум	Максимум	Среднее значение	$K_k$
Fe	–	1000	5000	3900	–
Mn	4100	10000	40000	20000	4,9
Ni	40	3	5	3,6	0,1
Co	10	2	4	2,4	0,2
Ti	650	80	150	123	0,2
V	30	–	–	–	–
Cr	35	10	10	10	0,3
Mo	12	1	80	13,7	1,1
Zr	150	30	100	80	0,5
Cu	160	50	80	56	0,4
Pb	50	3	4	3,2	0,1
Zn	600	80	300	142	0,2
Be	–	–	–	–	–
Sr	700	300	600	480	0,7
B	500	500	1000	830	1,7

проб, что применяются для почв [4]:

- допустимый ( $Z_c \leq 16$ );
- умеренно опасный ( $16 < Z_c \leq 32$ );
- опасный ( $32 \leq Z_c \leq 128$ );
- чрезвычайно опасный ( $Z_c > 128$ ).

Условность использования этих градаций заключается в том, что формально классы опасности для растительности не определены.

Анализ величин  $Z_c$  для отобранных проб показал, что в целом по исследованной территории экологическое состояние растительности, оцененное по аккумуляции микроэлементов в хвое лиственницы, характеризуется минимальным уровнем загрязнения ( $Z_c \leq 16$ ). Исключение представляет единственная проба, отобранная на возвышенности, где планируется разработка месторождения. Суммарное загрязнение в этой пробе соответствует опасному уровню. Причина локального загрязнения хвои может быть обусловлена близким к земной поверхности расположением горных пород, характерных для месторождения, с высоким содержанием металлов.

#### **Заключение**

1. По результатам инженерно-экологических изысканий на золотосеребряном месторождении «Клен» выполнена эколого-геохимическая оценка состояния хвои лиственницы.

2. Показано, что уровень аккумуляции микроэлементов в хвое может служить индикатором

экологического состояния территории.

3. Установлено, что в целом по исследованной территории экологическое состояние растительности характеризуется минимальным уровнем загрязнения. Локальное загрязнение хвои в единственной пробе может быть обусловлено близким к земной поверхности расположением горных пород с высоким содержанием металлов, характерных для месторождения.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л., Агропромиздат, 1987. – 140 с.
2. Груздев В.С. Биоиндикация состояния окружающей среды. – М.: ГУЗ, 2008. – 142 с.
3. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений: факторы его определяющие // Известия СО АН СССР. Серия биологических наук. – 1977. – № 10. – Вып. 2. – С. 3-14.
4. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. – М., Минздрав России, 2003.
5. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М., Минстрой России, 1997. – 44 с.
6. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – М., ПНИИИС, 1997. – 41 с.
7. Olsen S.R. Metals and the environment. Micro-nutrient interactions in Agriculture. // Report No 197. – Swedish Environmental Protection Agency, 1993. – 78 pp.

УДК 913.1/913.8

*Ларькова М.С.*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

## **ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ПАТСО-ЙОКИ (ПАЗ) В XX В.**

*M.S. Larkova*

*M.V. Lomonosov Moscow State University*

### **FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN PART OF THE PAATSJOKI (PAZ) RIVER BASIN IN THE 20TH CENTURY**

*Аннотация.* В статье рассматриваются историко-географические особенности освоения бассейна реки Патсо-йоки (Паз) в XX в., выделяются его этапы. Определяются ведущие факторы воздействия на окружающую среду: хозяйственная деятельность и боевые действия, которые сменяют друг друга во времени. В начале XX в. происходит экономическая интеграция района, строятся дороги, телеграфная линия, что влечет за собой изменение природных ландшафтов на узких линейно вытянутых участках земной поверхности. В 1920 г. советская часть бассейна реки Патсо-йоки передается Финляндии, открывая ей выход к Северному Ледовитому океану. После чего в бассейне начинается добыча медно-никелевых руд, на реке Патсо-йоки строится первая электростанция. В 1939-1944 г. происходят активные боевые действия, которые меняют облик ландшафтов: появляются военные аэродромы, железобетонные укрытия, траншеи, противотанковые рвы. В послевоенное время строится горно-металлургический комбинат, на реке появляются 6 новых электростанций. Современное состояние территории – результат комплексного воздействия антропогенных факторов на коренные ландшафты.

*Ключевые слова:* природно-ресурсный потенциал, этапы освоения, воздействие на окружающую среду, трансформация ландшафтов, бассейн реки Патсо-йоки, горно-металлургический комбинат «Печенганикель».

*Abstract.* We consider the process of development of the Paatsjoki (Paz) river basin in the 20th century; the historical stages are defined. The determining environmental impacts are found: anthropogenic activities and military operations, which change each other over time. In the beginning of the 20th century the economic integration of the region took place, roads and the telegraph lines were constructed, which led to transformation of landscapes on the narrow elongated areas of the earth's surface. In 1920 the Soviet part of the Paatsjoki basin was turned over to Finland; therefore, Finland gained access to the Arctic Ocean. Then, copper-nickel ores were mined in the basin; the first hydro power plant was built. From 1939 to 1944 the appearance of landscapes was changed greatly due to fighting: there were built military airfields, reinforced concrete shelters, trenches, tank traps. After the war the mining and metallurgical plant and six new hydro power plants were built on the Paatsjoki. The current territory condition is a result of integrate impact of anthropogenic factors on the indigenous landscapes.

*Key words:* natural-resource potential, stages of development, environmental impact, transformation of landscapes, Paatsjoki river basin, Pechenganickel Mining & Metallurgical Combine.

Река Патсо-йоки (Паз) берет начало из самого большого озера финской Лапландии – Инари [8, с. 32-33]. В своем верхнем течении она проходит по территории Финляндии и России, в среднем течении – вдоль границы России и Норвегии. Низовья реки и устье расположены в Норвегии. Объектом исследования является российская часть бассейна реки Патсо-йоки, площадь которой составляет 2530 кв. км. Максимальная абсолютная высота рассматриваемой территории составляет 631 м (г. Куорпукас), минимальная – около 120 м (урез реки на российско-финской границе). В ландшафтном отношении территория представляет собой денудационные низкие гряды (вараки) Балтийского щита, сложенные кристаллическими породами, с березовыми редколесьями, сосново-березовыми лишайниково-зеленомошными и лишайниковыми лесами на иллювиальных маломощных подзолах и болотами на торфяно-болотных почвах [1, с. 16-17, 22].

© Ларькова М.С., 2012.

Бассейн реки Патсо-йоки издавна привлекал внимание разных народов, которые проживали здесь и вели хозяйственную деятельность. Рассмотрение этапов освоения бассейна реки Патсо-йоки во взаимосвязи с типами природопользования от древних времен до начала XX в. [5, с. 102-108] показало, что к концу XIX в. территория, прилегающая к реке Патсо-йоки, представляла собой очаг активной хозяйственной деятельности со следующими основными видами природопользования: собирательство, охота, оленеводство, рыболовство, лесозаготовка и земледелие. Уже в то время начинали проявляться следующие геоэкологические проблемы: сокращение биоразнообразия, деградация почв, обезлесение территории. В течение XX в. шла борьба за овладение стратегически значимым районом (ныне Печенгский район Мурманской области), которая иногда в литературе называется «большой политикой» [11, с. 38]. Освоение природно-ресурсного потенциала (т. е. совокупности природных ресурсов территории, которые могут быть использованы в хозяйстве с учетом достижений научно-технического прогресса) бассейна реки Патсо-йоки привело к трансформации экосистем, в связи с чем представляется актуальным оценить степень воздействия антропогенной деятельности на ландшафты в исторической ретроспективе. Цель данной статьи заключается в выявлении особенностей освоения бассейна реки Патсо-йоки на протяжении XX в. Анализ литературных источников и архивных материалов позволил установить этапность в воздействии антропогенной деятельности на ландшафты.

На первом этапе освоения российской части бассейна реки Патсо-йоки (до 1914 г.) сохранялись те же тенденции в природопользовании, которые наметились во второй половине XIX в.: саамы занимаются традиционной хозяйственной деятельностью, монахи и служащие распахивают землю, российские и иностранные колонисты ловят рыбу, заготавливают лес для собственных нужд и на продажу, занимаются подсобным хозяйством. На норвежской стороне в бассейне реки Пат-

со-йоки планируется строительство железной дороги. Предпосылкой этого явился выход в феврале 1893 г. книги «Revue Militaire de l'étranger», в которой помещена статья о военно-стратегических дорогах Швеции и Норвегии. Предполагаемая к строительству железная дорога должна была соединить Ботнический залив с Северным Ледовитым океаном [12, с. 55]. В это же время на побережье Северного Ледовитого океана появляются зачатки военно-морского флота: рассматриваемый район приобретает стратегическую функцию [12, с. 40-43]. По словам архангельского губернатора А.П. Энгельгардта, для реализации данной функции и расширения возможности дальнейшего освоения северо-западной части Кольского полуострова от Колы к норвежской границе через бассейн реки Патсо-йоки начинается установка телеграфных столбов [9, с. 97-99]. Появление связи с Центральной Россией служит толчком к дальнейшему освоению природно-ресурсного потенциала территории. Отличительной чертой первого этапа освоения исследуемой территории является начало процесса экономической интеграции района, который, в первую очередь, проявляется в развитии транспортной и инженерной инфраструктуры. Железная дорога и телеграфная линия являются линейными объектами, строительство и последующая эксплуатация которых воздействует на природные комплексы: сводится растительность, нарушается залегание грунтов на узких протяженных искусственно выровненных участках местности.

В середине второго десятилетия XX в. начинается Первая мировая война, в России идет Гражданская война. После Октябрьской революции на Кольском полуострове высаживаются интервенты из Англии, Франции, США и других стран [4, с. 42; 13, с. 565]. С пребыванием их в бассейне реки Патсо-йоки и дальнейшими военными действиями связан второй этап (1914 – 1920 гг.). Войска интервентов находятся в бассейне реки Патсо-йоки с весны 1918 г. по осень 1919 г. [4, с. 51]. В это время идет советско-финская война: в рамках одной из операций финны пересекают

бассейн реки Патсо-йоки и атакуют поселок Печенга, вследствие чего на изучаемой территории остаются следы военных действий. По результатам советско-финской войны в октябре 1920 г. был подписан Тартуский мирный договор, по которому Печенгская волость (Петсамо) передана Финляндии. Смена государственной принадлежности отчасти определяет дальнейший курс экономического развития бассейна реки и особенностей воздействия на окружающую среду.

На третьем этапе (1920 – 1939 гг.) бассейн реки Патсо-йоки выполняет функцию коридора, по которому происходит доставка продукции из центральных районов Финляндии к порту Лиинахамари (Печенгский залив) – единственному постоянно открытому порту с выходом в Северный Ледовитый океан. В связи с этим на первое место выходит развитие транспортной инфраструктуры. В 1931 г. завершается строительство участка дороги от Ивало до порта Лиинахамари, в то время получившей название «Арктической дороги». От места, где река Патсо-йоки вытекает из озера Инари, до Сальмиярви дорога проходит по бассейну реки Патсо-йоки. Примерно через каждые 25 км вдоль дороги строятся дорожные постоянные дворы, в том числе в бассейне реки Патсо-йоки – Виртаниеми, Наутси, Хойхенярви, Питкяярви, Сальмиярви, Куверноринкоски. За Сальмиярви дорога имеет ответвление в Норвегию через поселок Борисоглебский. В 1937 г. через Патсо-йоки строится подвесной мост. В то же время в долине реки Патсо-йоки ведутся активные лесозаготовки. Известно, что для расширения порта в Лиинахамари еловые сваи закупались в Норвегии, остальная древесина для строительства приобреталась из государственных лесов в долине реки Патсо-йоки [10, с. 273-274].

В 1921 г. финский геолог Х. Тёрнгвист у ручья Котсельйоки обнаруживает признаки сульфидного никелевого оруденения. Этот факт послужил толчком к развитию горнодобывающей отрасли в бассейне реки Патсо-йоки. В 1933 г. финские геологи выявляют месторождения Каула и Каммикиви. Через год канадская дочерняя компания ИНКО

получает от Финляндии разрешение на разработку медно-никелевых руд. В 1937 г. началась эксплуатация никелевых рудников, строится поселок Колосйоки (современный поселок Никель) [10, с. 575-577]. В результате разведочных и эксплуатационных работ происходит крупномасштабное механическое разрушение и радикальное преобразование ландшафтов. Следующая особенность третьего этапа заключается в появлении новой отрасли – гидроэнергетики. В 1938 г. финская фирма «Иматран-Войма» в 23 км от истока реки Патсо-йоки начинает строить ГЭС Янискоски, запуск которой происходит в 1942 г. Строительство планировалось для обслуживания рудничного и плавильного предприятия финского акционерного общества «Петсамон Никели Ою» [10, с. 859]. Для увеличения возможностей использования энергии ГЭС в поселке Янискоски создается регулирующая плотина Нискакоски. Такого рода строительство сопряжено с трансформацией долинных ландшафтов. При строительстве плотины выше по течению происходит затопление значительной территории. В чаше водохранилища активизируются волновые процессы и переформирование берегов, наблюдается процесс абразии. Основываясь на полевых исследованиях, проведенных автором осенью 2011 г. в долине реки Патсо-йоки, можно также утверждать, что вследствие уменьшения скорости речного потока (из-за строительства плотины) происходит отложение донных илов, мелководья зарастают хвощом.

Следующий, четвертый, этап трансформации ландшафтов в российской части бассейна реки Патсо-йоки (1939 – 1944 гг.) связан с боевыми действиями. Особый интерес к этой территории обусловлен наличием здесь никелевых рудников. На самом северном участке фронта советские войска 2 декабря 1939 г. заняли поселок Петсамо (в настоящее время поселок Печенга) и стали продвигаться на юг. Следующим пунктом был поселок Наутси, для наступления на который командование 14-й армией выделило 52 дивизию и некоторые другие части [4, с. 81; 6, с. 155]. К 18 декабря 52-я стрелковая дивизия продвинулась до 110

км Рованиемского шоссе, где и закрепились [6, с. 155], но по окончании Зимней войны во-лость Петсамо все-таки осталась за Финляндией. После этого на изучаемой нами территории базируются с разрешения Финляндии немецкие войска, которые активно эксплуатируют месторождения никеля и железной руды и вывозят их для использования в военной промышленности. Важнейшее стратегическое сырье вывозилось через порты Лиинахамари и Киркенес (Норвегия) круглый год, средний месячный грузооборот в 1942 г. достигал 500 тыс. т [4, с. 97-98]. Согласно сведениям, собранным историком Д.В. Дуlichem, в бассейне реки Патсо-йоки в военное время функционировала грузовая канатная дорога. Ее постройка была вызвана необходимостью непрерывного и надежного снабжения фронта, а также вывоза никелевой руды из региона. Проблема состояла в том, что единственная здесь дорога в условиях зимы не могла обеспечить фронт всем необходимым: она была узкая, страдала от оползней, размывания, зимой – от постоянных снежных заносов [2, с. 8-9].

Маршал Советского Союза К.А. Мерецков в своей книге «На службе народу» пишет, что в октябре 1944 г. командованием было принято решение о наступлении и была спланирована Петсамо-Киркенесская операция. Согласно его воспоминаниям, «противник оставался пока лишь на Крайнем Севере, где, укрывшись за мощными железобетонными и гранитными укреплениями, стоял 19-й горнострелковый корпус немцев. В течение трех лет враг возводил здесь лапландский оборонительный вал. С выходом Финляндии из войны дополнительные оборонные работы носили просто лихорадочный характер. Наша разведка беспрестанно сообщала, что специальные строительные части противника круглые сутки вгрызаются в гранит, возводят новые железобетонные и бронированные огневые точки и укрытия, прокладывают траншеи и ходы сообщения (рис. 1). Перед нами на фронте длиной 90 километров тянулись надолбы и противотанковые рвы, густые минные поля и проволочные заграждения. Они перехватывали все горные перевалы, лощины и дороги,

а господствующие над местностью высоты представляли собой настоящие горные крепости. Кроме того, со стороны моря их прикрывала береговая и зенитная артиллерия в полевых капонирах. Меж укреплений лежали бесчисленные озера, речки, цепи отвесных скал, болота и топи» [7, с. 395-396].

Советские войска, войдя в бассейн реки Патсо-йоки осенью 1944 г., разделились на два направления: на юго-восток, на поселок Наутси (являющийся секретным немецким аэродромом) [3, с. 123-124], и северо-восток, в сторону норвежской территории [4, с. 184; 7, с. 398-399]. Сообщается, что когда немцы отступали, они «придерживались тактики тотального разрушения: взрывали мосты (рис. 2) и дорожные трубы; ломали придорожные скалы, заваливая проходы; бомбили с самолетов дорожное полотно; минировали не только сами дороги, но и обочины, в особенности горные дефиле и объезды. Оставляя арьергарды на заранее подготовленных промежуточных позициях, противник старался замедлить темп продвижения наших войск с тем, чтобы оторваться от них и выиграть время для занятия обороны на двух новых рубежах — в Северной Норвегии и в районе Никеля» [7, с. 404-405]. Во время отступления немцы взорвали единственную на тот момент ГЭС на реке Патсо-йоки – Янискоски (рис. 3). В конце октября советские войска продолжа-



Рис. 1. Бетонные сооружения вблизи



**Рис. 2.** Разрушенный немцами мост озера Ракъярви (фото автора) через реку Патсо-йоки (фото автора)

ли форсирование левобережной части бассейна реки Патсо-йоки, был освобожден норвежский поселок Сванвик [7, с. 407]. Впервые в ходе боевых действий в условиях севера применялись тяжелые танки «КВ» взамен легких и средних, использовались амфибии (два батальона). Активно работали саперы: контролировали дороги, подрывали мосты и уничтожали телефонные линии [7, с. 401-402]. Основным результатом четвертого этапа стало возвращение правобережной части бассейна реки Патсо-йоки к СССР. В этот период изучаемая территория была подвержена значительной трансформации вследствие боевых действий, следы которых до сих пор присутствуют в бассейне реки Патсо-йоки.

В послевоенное время (на пятом этапе) наметилось активное экономическое развитие территории, начали появляться новые виды природопользования, что повлекло за собой увеличение нагрузки на ландшафты и их последующую трансформацию. В ухудшении состояния окружающей среды ведущую роль играет промышленная добыча и обработка сульфидных медно-никелевых руд (рис. 4). Воды бассейна реки Патсо-йоки являются аккумулятором специфических химических соединений, привносимых промышленностью. На наземных ландшафтах сказывается аэротехногенное загрязнение горно-металлургического комбината «Печенганикель». Вокруг



**Рис. 3.** Разрушенная немцами ГЭС в поселке Янискоски (1945 год) (<http://blockhaus.ru>)

промышленных площадок в поселке Никель и городе Заполярный сформировалась единая загрязненная зона площадью 1250 км<sup>2</sup>.

В послевоенное время на реке Патсо-йоки активно развивается гидроэнергетика. Первая ГЭС Янискоски начала строиться финнами еще до войны. Первый гидроагрегат следующей станции (ГЭС Раякоски) был пущен в 1955 г. На базе этих двух станций приказом Министерства электростанций СССР от 1 июля 1955 г. был создан каскад Пазских ГЭС. Позже были построены еще три советские ГЭС на реке Патсо-йоки: Кайтакоски (1959), Борисоглебская (1964), Хевоскоски (1970), а также две норвежские: Скутфосс (1964),



**Рис. 4.** Промышленная площадка комбината «Печенганикель» в поселке Никель (<http://www.4turista.ru>)

Мелькефосс (1978). Согласно данным ОАО «Ленгидропроект», при строительстве гидроузла Хеваскоски образовалось водохранилище площадью 16 км<sup>2</sup>, площадь затопленных сельскохозяйственных угодий составила 6 га; площадь водохранилища при строительстве Борисоглебской ГЭС – 56 км<sup>2</sup>, затоплено 100 га сельскохозяйственных угодий. При возведении Скугфосской ГЭС на реке Патсо-йоки также была построена глухая плотина, преграждающая протоку Мениккайоки, которая вытекала из реки Патсо-йоки выше гидроузла для того, чтобы пресечь возможность образования нового русла реки. Затопление территории вызвало абразию, заиление и зарастание дна русла хвостом, уменьшение рыбных запасов. Наряду со строительством гидроэлектростанций на реке Патсо-йоки, были спроектированы и построены поселок Янискоски и часть поселка Раякоски финской фирмой «Иматран-Войма» [10, с. 860]. В настоящее время на российской территории бассейна реки Патсо-йоки расположены пять поселков: Янискоски, Раякоски, Сальмиярви, Никель, Борисоглебский с общей численностью постоянного населения 13 130 человек (по данным на 2010 г.).

В 1992 г. организуется природный заповедник «Пасвик», западная граница которого совпадает с государственной (фарватер реки Патсо-йоки в среднем течении), восточная идет вдоль линии инженерно-технических сооружений, расположенных вдоль автодороги Никель-Раякоски. С севера заповедная территория ограничена оз. Сальмиярви, с юга – устьем отводящего канала ГЭС Хевоскоски и ручьем, впадающим в это устье. Заповедник призван охранять и изучать сосновые таежные леса на северной границе распространения и водно-болотные угодья, имеющие ключевое значение в качестве мест остановки, гнездовья мигрирующих видов птиц, находящихся под угрозой исчезновения. В условиях слабой устойчивости экосистем к техногенным воздействиям и невысокого потенциала самоочищения и рассеивания загрязнений освоение российской части бассейна реки в довоенное, военное и послевоенное время привело

к формированию территории значительной геоэкологической напряженности (Никель-Заполярный), что требует проведения дополнительных исследований.

### Выводы

На протяжении XX в. ландшафты российской части бассейна реки Патсо-йоки претерпевают трансформацию, т. е. происходит изменение природных ландшафтов в результате использования человеком, которое идет в двух направлениях: хозяйственная деятельность и боевые действия.

На первом этапе (до 1914 г.) происходит экономическая интеграция бассейна, строятся дороги, телеграфные линии, что влечет за собой изменение ландшафтной структуры на прилегающих к линейным объектам участках земной поверхности.

На втором этапе (1914 – 1920 гг.) в бассейне реки Патсо-йоки располагаются войска интервентов, но непосредственно боевые действия не ведутся. В конце данного этапа советская часть бассейна реки отходит к Финляндии, обеспечивая тем самым ей выход к Северному Ледовитому океану.

На третьем этапе (1920 – 1939 гг.) в связи с появлением у Финляндии незамерзающего порта Лиинахамари стремительно расширяется дорожная сеть, увеличивается грузопоток, появляется придорожная инфраструктура (постоялые дворы), на притоке реки Наутси-йоки образуется финский поселок Наутси. В начале 1920 гг. в бассейне обнаруживают медно-никелевые руды, начинается их разработка. Это влечет за собой сведение растительности, нарушение почвенного покрова, изменение рельефа (шахты, отвалы и пр.), меняются геолого-геоморфологические и гидрогеологические условия территории. С целью обеспечения рудников электричеством на реке Патсо-йоки начинает строиться первая гидроэлектростанция.

Четвертый этап (1939 – 1944 гг.) – период боевых действий в бассейне реки Патсо-йоки. На рассматриваемой территории в разное время базируются финские, советские и не-

мецкие войска. Военные действия сильно меняют облик ландшафтов: появляются военные аэродромы, железобетонные укрытия, ДОТы (долговременные огневые точки), траншеи, противотанковые рвы, минные поля, заборы из колючей проволоки, сказываются последствия бомбардировок. Во время войны в бассейне реки Патсо-йоки продолжается разработка медно-никелевых месторождений. Строится подвесная канатная дорога для снабжения войска, а также для вывоза добытой руды.

После войны правобережная часть бассейна реки Патсо-йоки возвращается СССР. На пятом этапе (с 1945 г.) основной источник воздействия на окружающую среду – горно-металлургическое предприятие «Печенганикель». Разработка месторождений ведется преимущественно закрытым способом, но вместе с тем на земной поверхности размещается отработанная руда. В бассейне реки Патсо-йоки расположены два металлургических цеха. В период с конца 1930-х до середины 1960-х гг. на реке Патсо-йоки строятся пять российских («Каскад Пазских ГЭС») и две норвежские гидроэлектростанции, что приводит к трансформации долинных ландшафтов. Для рабочих Каскада были построены поселки Янискоски, Раякоски и Борисоглебский. В 1992 г. организуется природный заповедник «Пасвик».

Таким образом, на протяжении XX в. закономерно сменяют друг друга мирные и военные этапы истории бассейна реки Патсо-йоки. Современное состояние ландшафтов бассейна есть результат комбинированного воздействия различных видов природопользования, которые существенно изменили ландшафтную структуру территории.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Атлас Мурманской области / Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР, Научно-исследовательский географо-экономический институт Ленинградского государственного университета имени А.А. Жданова. – М., 1971. – 46 с.
2. Дулич Д.В. Канатная дорога на Мурмане. 1942-1944: мифы и реальность. – Мурманск: Просветительский центр «Доброхот», Изд-во «Добросмысл», 2008. – 96 с.
3. Зефилов М.В., Баженов Н.Н., Дёгтев Д.М. Самолеты-призраки Третьего Рейха. Секретные операции Люфтваффе. – М.: АСТ, 2007. – 526 с.
4. Козлов И.А., Шломин В.С. Краснознаменный Северный флот. – М.: Воениздат, 1983. – 259 с.
5. Ларькова М.С., Хлебосолова О.А. Этапы освоения бассейна реки Паз во взаимосвязи с типами природопользования (от древних времен до начала XX века) // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2012. – № 2. – С. 102-108.
6. Мельтюхов М.И. Упущенный шанс Сталина. Советский Союз и борьба за Европу: 1939-1941. – М.: Вече, 2000. – 519 с.
7. Мерецков К.А. На службе народу. – М.: Политиздат, 1968. – 462 с.
8. Никаноров А.М., Брызгалов В.А. Реки России. Ч. I. Реки Кольского Севера (гидрохимия и гидроэкология). – Ростов-на-Дону, 2009. – 200 с.
9. Очерк путешествия архангельского губернатора А.П. Энгельгардта в Кемский и Кольский уезды в 1895 году. – Архангельск: Губернская типогр., 1895. – 128 с.
10. Печенга. Опыт краеведческой энциклопедии / Автор-составитель В.А. Мацак. – Мурманск: Просветительский центр «Доброхот», Изд-во «Добросмысл», 2005. – 1008 с.
11. Природа и население пограничной области Инари-Паз / Сконнинг-Коллстрэм Р.Э., Макарова О., Тинис. – Осло, 1996. – 99 с., фото. – Текст норв., рус., фин.
12. Семенович В.Н. Север России в военно-морском и коммерческом отношениях. Морские письма черноморца. Издание журнала «Русское обозрение». – М.: Университетская типогр., 1894. – 145 с.
13. Уткин А.И. Забытая трагедия. Россия в первой мировой войне. – Смоленск: «Русич», 2000. – 640 с.

## НАШИ АВТОРЫ

**Агеев Игорь Михайлович** – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Московского авиационного института (Государственный технический университет); e-mail: imageev@mail.ru

**Алмаси Казым Газратгули оглы** – диссертант Института микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

**Агаева Ема Музаффар гызы** – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры микробиологии и иммунологии Азербайджанского медицинского университета (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

**Басаки Таубе** – сотрудник кафедры селекции Научно-исследовательского центра Исламского университета Азад (Тегеран, Иран); e-mail: azmbi@mail.ru

**Болтачева Елена Александровна** – врач-педиатр Центра здоровья для детей г. Арзамас; e-mail: nikolai\_zhulin@mail.ru

**Брагина Елизавета Ефимовна** – доктор биологических наук, старший научный сотрудник НИИ физико-химической биологии им. А.Н.Белозерского Московского государственного университета им. Ломоносова; e-mail: bragor@mail.ru

**Брюхань Андрей Федорович** – кандидат технических наук, главный инженер проекта ООО «ГрафПроектСтройИзыскания» (г. Щелково Московской области); e-mail: pvwv@mail.ru

**Гасымов Шакир Наби оглы** – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центрального ботанического сада Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

**Гордеев Михаил Иванович** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и экологии животных Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: gordeev\_mikhail@mail.ru

**Гришин Максим Вячеславович** – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (г. Москва); e-mail: grishin@chph.ras.ru

**Гюльяхмедов Сахиб Гурбан** – кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии и биотехнологии Бакинского государственного университета (Азербайджан); e-mail: sahib66@rambler.ru

**Зейналова Шалала** – ведущий специалист по вирусологической части в Республиканской ветеринарной лаборатории Азербайджана (г. Баку); e-mail: Zeynalova.shelale@rambler.ru

**Занин Анатолий Михайлович** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (г. Москва); e-mail: s.stovbun@chph.ras.ru

**Калюжный Евгений Александрович** – кандидат биологических наук, доцент кафедры медицинской подготовки и безопасности жизнедеятельности Арзамасского педагогического института им.А.П.Гайдара; e-mail: eakmail@mail.ru

**Капитальчук Иван Петрович** – кандидат географических наук, Отличник Госкомгидромета СССР, Отличник народного образования Приднестровской Молдавской Республики, заведующий кафедрой физической географии, природопользования и методики преподавания географии Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко; e-mail: imkapital@mail.ru

**Кирсанкин Андрей Александрович** – инженер Института химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (г. Москва); e-mail: kirsankin@mail.ru

**Климачев Дмитрий Анатольевич** – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и основ сельского хозяйства Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: docent18@yandex.ru

**Колотилова Наталья Николаевна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова; e-mail: kolotilovan@mail.ru

**Коницев Александр Сергеевич** – доктор биологических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, директор Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: konichev@mail.ru

**Кузмичев Юрий Георгиевич** – доктор медицинских наук, профессор кафедры детских болезней Нижегородской медицинской академии; e-mail: dr\_kuzmichev@mail.ru

**Кузнецова Светлана Анатольевна** – кандидат биологических наук, преподаватель Московского медицинского колледжа №2 (г. Москва); e-mail: d.kuznesov@mail.ru

**Кулиев Акиф Алекбер оглы** – доктор биологических наук, профессор, декан биологического факультета Бакинского государственного университета (Азербайджан); e-mail: sahib66@rambler.ru

**Ларькова Мария Сергеевна** – аспирант кафедры физической географии мира и геоэкологии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова; e-mail: larkova.maria@gmail.com

**Лебедев Виктор Вадимович** – руководитель проекта Региональной горнорудной компании (г. Москва); e-mail: v.lebedev@rmcgold.ru

**Макаренков Дмитрий Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры Юнеско «Техника экологически чистых производств» Московского государственного университета инженерной экологии; e-mail: makarenkovd@gmail.com

**Михайлов Альфа Иванович** – доктор химических наук, профессор, старший научный сотрудник Института химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (г. Москва); e-mail: alfaim@mail.ru

**Михайлова Светлана Владимировна** – ассистент кафедры медицинской подготовки и безопасности жизнедеятельности Арзамасского педагогического института им.А.П.Гайдара; e-mail: agpi-mpbgd@mail.ru

**Москаев Антон Вячеславович** – аспирант кафедры биологии и экологии животных Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: anton-moskaev@yandex.ru

**Мустафаева Ругия Сабир кызы** – диссертант кафедры биохимии и биотехнологии Бакинского государственного университета (Азербайджан); e-mail: rugiyamustafayeva@mail.ru

**Надери Рухангиз** – сотрудник кафедры растениеводства Тегеранского университета (Карадж, Иран); e-mail: azmbi@mail.ru

**Поликарпова Людмила Викторовна** – научный сотрудник лаборатории экологической биохимии Московского государственного областного университета; e-mail: ljudmilapolikarpova@yandex.ru

**Рыбин Юрий Маратович** – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Московского авиационного института (Государственный Технический Университет); e-mail: rum49@rambler.ru

**Салманов Мамед Ахад оглы** – доктор биологических наук, профессор директор Института микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку), действительный член Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

**Скоблин Алексей Алексеевич** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (г. Москва); e-mail: ab1954@mail.ru

**Старикова Валентина Титовна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники основ сельского хозяйства Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: docent18@yandex.ru

**Стовбун Сергей Витальевич** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (г. Москва); e-mail: s.stovbun@chph.ras.ru

**Твердислов Всеволод Александрович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой биофизики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова; e-mail: tverdislov@mail.ru

**Фараджи Сакина** – диссертант Центрального ботанического сада Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку), Научно-исследовательский центр сельского хозяйства и природных ресурсов провинции Маркази (Арак, Иран); e-mail: azmbi@mail.ru

**Цветков Илья Леонидович** – доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией экологической биохимии Московского государственного областного университета; e-mail: i\_tsvetkoff@mail.ru

**Шишкин Геннадий Георгиевич** – доктор технических наук, профессор Московского авиационного института (Государственный технический университет); e-mail: imageev@mail.ru

**Шуб Борис Рувимович** – доктор химических наук, заведующий отделом кинетики и катализа Института химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (г. Москва); e-mail: bshub@mail.ru