

Вестник



МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБЛАСТНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия **Е**СТЕСТВЕННЫЕ
НАУКИ



№3 / 2013

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЯ

<i>Алиева В.Г.</i> БИОКОРРОЗИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ И ГРУНТОВ НА ТРАССАХ ГАЗОПРОВОДА РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА	7
<i>Голамиан С.А., Рустамов Э.К., Бахмани М., Джордехи А.Ю.</i> ВЛИЯНИЕ СУБЛЕТАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДИАЗИНОНА НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ, ТКАНИ ПОЧЕК И МЫШЦ МОЛОДИ ПЕРСИДСКОГО ОСЕТРА (ACIPENSER PERSICUS).....	12
<i>Гусейнова А.Ю., Гарахани П.Х., Набиева П.Н.</i> К НОМЕНКЛАТУРЕ И СИСТЕМАТИКЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА CENTAUREA L. (ASTERACEAE DUMORT.).....	19
<i>Инджеева Л.А., Бакташева Н.М.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ IRIS PUMILA L. В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ.....	22
<i>Колотилова Н.Н.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ Д.М. НОВОГРУДСКОГО	27
<i>Маилова Т.Б.</i> ДАННЫЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ РОДА SEPTORIA FR. НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА	31
<i>Мелик-Гусейнов В.В., Герасименко С.В.</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА ОДНОЛЕТНЕГО (ASTERACEAE)	34
<i>Мурадов С.В.</i> ВОССТАНОВЛЕНИЕ САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ КОНДИЦИЙ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ В ПРОЦЕССАХ РЕГЕНЕРАЦИИ И АКТИВАЦИИ	37
<i>Муслимова З.Г.</i> ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСОВ РУТИНА НА АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ Г-ОБЛУЧЕННЫХ ПРОРОСТКОВ КУКУРУЗЫ.....	43

РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ

<i>Кулакова Н.Е., Лозовик П.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ВОДНУЮ СРЕДУ	47
<i>Кулакова Н.Е., Лозовик П.А., Родькина И.С.</i> КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУЛЬФАТ-ИОНОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ БАРИЯ С СУЛЬФОАЗО III	52
<i>Лозовик П.А., Ефремова Т.А., Сабылина А.В.</i> КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕВОДОВ И ЛИПИДОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ	57
<i>Лозовик П.А., Мусатова М.В.</i> МЕТОДИКА РАЗДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД АДсорбцией НА ДИЭТИЛАМИНОЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЕ НА АВТОХТОННУЮ И АЛЛОХТОННУЮ СОСТАВЛЯЮЩИЕ	63
<i>Стовбун С.В., Скоблин А.А., Занин А.М., Литвин Я.А., Твердислов В.А., Кирсанкин А.А., Гришин М.В., Шуб Б.Р.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ХИРАЛЬНЫХ СТРУН	69

РАЗДЕЛ III. НАУКИ О ЗЕМЛЕ. ГЕОГРАФИЯ

<i>Бельчева Н.Н., Истомина А.А., Слободскова В.В., Челомин В.П.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ БИОМАРКЕРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ	87
--	----

Гармаш Т.П. ПОЛТАВЩИНА В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ИДЕЙ И СТАНОВЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ.....	93
Данова Т.Е., Мацук Ю.М. КОМПОНЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПОВТОРЯЕМОСТИ ГРОЗ В ПРИЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ.....	98
Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Шешницан С.С., Капитальчук И.П. ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ СЕЛЕНА РАСТЕНИЯМИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ МОЛДАВИИ.....	104
Кузнецов К.И., Пелиновский Е.Н., Куркин А.А., Зайцев А.И. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ВАРИАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ НА МОРСКОМ ДНЕ.....	110
Максимова М.П. ОКЕАНОЛОГИЯ – НАУКА СИСТЕМНАЯ (ПАРАДИГМА, КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ КАК ЕДИНОГО ЦЕЛОГО).....	118
Ларькова М.С., Хлебосолова О.А. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК «НИКЕЛЬ» И «ЗАПОЛЯРНЫЙ» КОЛЬСКОЙ ГМК	136

РАЗДЕЛ IV. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ БИОЛОГИИ, ГЕОГРАФИИ И ЭКОЛОГИИ

Пасечник В.В. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА УЧЕБНИКОВ БИОЛОГИИ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ В СВЕТЕ НОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПАРАДИГМЫ	142
Роман С.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЦЕННОСТИ В СТРУКТУРЕ ШКОЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	146
НАШИ АВТОРЫ	152

CONTENTS

SECTION I. BIOLOGY

V. Aliyeva. BIOCORROSION ACTIVITY OF SOIL AND ROCK ALONG GAS PIPELINE ROUTES IN VARIOUS REGIONS OF AZERBAIJAN	7
S. Gholamian, E. Rustamov, M. Bahmani, A. Jourdehi. EFFECT OF SUB-LETHAL CONCENTRATION OF DIAZINON ON SOME BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD, KIDNEY TISSUE AND MUSCLES OF PERSIAN STURGEON FINGERLINGS <i>ACIPENSER PERSICUS</i>	12
A. Huseynova, P. Garakhani, P. Nabiyeva. TO THE NOMENCLATURE AND SYSTEMATICS OF SOME SPECIES OF THE GENUS <i>CENTAUREA</i> L. (<i>ASTERACEAE</i> DUMORT.)	19
L. Indzheeva, N. Baktasheva. CHARACTERIZATION OF POPULATION OF <i>IRIS PUMILA</i> L. IN THE REPUBLIC OF KALMYKIA	22
N. Kolotilova. ECOLOGICAL ASPECTS OF THE INVESTIGATIONS OF D.M. NOVOGRUDSKY	27
T. Mailova. RESULTS OF THE STUDY OF <i>SEPTORIA</i> FR. GENUS ON A SOUTHERN SLOPE [GREATER CAUCASUS] OF AZERBAIJAN	31
V. Melik-Gusseinov, S. Gerasimenko. IDENTIFICATION OF THE PHENOL COMPOUNDS IN THE ROOTS OF <i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L. (<i>ASTERACEAE</i>)	34
S. Muradov. SANITARY-MICROBIOLOGICAL DEFECT OF THERAPEUTIC MUD IN THE PROCESSES OF REGENERATION AND ACTIVATION	37
Z. Muslimova. EFFECT OF RUTIN COMPLEXES ON THE ACTIVITY OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM OF GAMMA-IRRADIATED MAIZE SEEDLINGS	43

SECTION II. CHEMISTRY

N. Kulakova, P. Lozovik. PHYSICAL-CHEMICAL MODELING FOR ASSESSMENT OF INFLUENCE OF MINING AND PROCESSING PLANTS ON AQUATIC HABITAT	47
N. Kulakova, P. Lozovik, I. Rodkina. QUANTITATIVE DETERMINATION OF SULFATE CONTENT IN NATURAL WATERS BASED ON COMPLEXING REACTION OF BARIUM IONS AND SULFONAZO III	52
P. Lozovik, T. Efremova, A. Sabylina. QUANTITATIVE DETERMINATION OF CONTENT OF CARBOHYDRATES AND LIPIDS IN SURFACE WATERS	57
P. Lozovik, M. Musatova. SEPARATION OF ORGANIC MATERIALS OF NATURE WATERS INTO AUTOCHTHONOUS AND ALLOCHTHONOUS COMPONENTS BY DIETHYLAMINOETHYL-CELLULOSE ADSORPTION	63
S. Stovbun, A. Skoblin, A. Zanin, Y. Litvin, V. Tverdislov, A. Kirsankin, M. Grishin, B. Shub. FORMATION OF CHIRAL STRINGS	69

SECTION III. EARTH SCIENCE. GEOGRAPHY

N. Belcheva, A. Istomina, V. Slobodskova, V. Chelomin. USE OF MOLECULAR BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS FOR THE EVALUATION OF MARINE POLLUTION	87
T. Harmash. POLTAVSHCHYNA IN THE CONTEXT OF THE DEVELOPMENT AND FORMATION OF IDEAS OF ANTHROPOGENIC LANDSCAPE SCIENCE	93
T. Danova, J. Matsuk. COMPONENTIAL ANALYSIS OF REPEATABILITY OF THUNDER-STORMS IN UKRAINE'S BLACK SEA COAST	98

M. Kapitalchuk, N. Golubkina, S. Sheshnitsan, I. Kapitalchuk. FEATURES OF SELENIUM ACCUMULATION BY THE PLANTS OF FRESHWATER ECOSYSTEMS IN MOLDOVA.....	104
K. Kuznetsov, E. Pelinovsky, A. Kurkin, A. Zaytsev. RECOVERY OF SURFACE WAVES BY THE MEASUREMENTS OF PRESSURE VARIATIONS AT THE SEABED.....	110
M. Maximova. OCEANOLOGY AS A SYSTEMATIC SCIENCE (PARADIGM, CONCEPTION, METHODOLOGY AND METHOD OF INTEGRAL EVALUATION OF FUNCTIONING OF SEA ECOSYSTEM AS A WHOLE)	118
M. Larkova, O. Khlebosolova. CURRENT STATE OF LANDSCAPES IN THE ZONE OF INFLUENCE OF INDUSTRIAL SITES 'NIKEL' AND 'ZAPOLYARNY' OF THE KOLA MINING & METALLURGICAL COMPANY	136

SECTION IV. TEACHING METHODS OF BIOLOGY, GEOGRAPHY AND ECOLOGY

V. Pasechnik. CONTENT AND STRUCTURE OF SECONDARY SCHOOL BIOLOGY TEXTBOOKS IN THE LIGHT OF THE NEW EDUCATIONAL PARADIGM	142
S. Roman. ECOLOGICAL VALUES IN THE STRUCTURE OF CHEMISTRY EDUCATION AT SCHOOL.....	146
OUR AUTHORS	152

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЯ

УДК 579.69:620.193.8

Алиева В.Г.

Институт микробиологии НАН Азербайджана (г. Баку)

БИОКОРРОЗИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ И ГРУНТОВ НА ТРАССАХ ГАЗОПРОВОДА РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

V. Aliyeva

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

BIOCORROSION ACTIVITY OF SOIL AND ROCK ALONG GAS PIPELINE ROUTES IN VARIOUS REGIONS OF AZERBAIJAN

Аннотация. Приводятся результаты сравнительного изучения качественного и количественного состава микроорганизмов почв в местах залегания трубопровода и в грунтах траншей трубопровода, которые могут принимать участие в процессах биокоррозии. По содержанию углеродородокисляющих, денитрифицирующих и сульфатредуцирующих бактерий и грибов были выявлены участки слабой, средней и высокой потенциальной микробиологической коррозионной активности.

Ключевые слова: бактерии, грибы, микробная коррозия, агрессивность грунта.

Abstract. We report a comparative study of qualitative and quantitative composition of soil microorganisms, which can take part in biocorrosion, in places of pipeline bedding and pipeline trenches. According to the content of denitrifying, hydrocarbon-oxidizing, sulphate-reducing bacteria and fungi, areas of weak, average and high potential microbiological corrosion activity are found.

Key words: bacteria, fungi, microbial corrosion, aggression of soil.

Эксплуатации магистральных трубопроводов осуществляется в различных климатических и грунтовых условиях. Плотность грунта в траншее всегда меньше плотности почвы. Различие в плотности нетронутого и засыпного грунта создает дренажную зону и приводит к повышенному содержанию влаги в траншее трубопровода. В засыпном грунте траншей легче осуществляется газообмен, что способствует сохранению аэробных условий в траншее и делает возможным развитие аэробных микроорганизмов. Температура слоя грунта, прилегающего к трубе, в зависимости от почвенно-климатических условий, времени года и температуры стенки трубы может колебаться от 15-20°С до 40°С и выше, что может интенсифицировать микробиологические процессы [4; 6]. При обратной засыпке грунт траншей обогащается разнообразными микроорганизмами верхних горизонтов почв. Таким образом, указанные свойства грунтов характеризуют их как среду обитания микроорганизмов, отличающуюся от генетически связанных с ними почв, и являются факторами, определяющими развитие в

грунтах различных групп почвенной микрофлоры.

В комплекс мероприятий по защите подземных трубопроводов входит нанесение на поверхность трубы защитных покрытий, как правило, состоящих из 2-4-х слоев изоляционных материалов, в число которых могут входить битумные мастики, липкие и нелипкие ленты на основе поливинилхлорида и полиэтилена. При эксплуатации все эти материалы способны подвергаться воздействию микроорганизмов [1; 9-10]. Для борьбы с почвенной коррозией трубопроводов необходимы всесторонний анализ особенностей протекания коррозионных процессов в грунте с учетом условия формирования и функционирования микробных ценозов в очагах коррозии, а также биостойкости изоляционных материалов и покрытий трубопроводов.

В связи с перечисленными особенностями грунтов траншей трубопроводов нами была проведена работа по выявлению и оценке численности некоторых групп микроорганизмов, представители которых могут участвовать в разрушении покрытия действующего магистрального газопровода. С целью выявления количественного и качественного состава микрофлоры по трассе газопровода были открыты шурфы, где по специальной методике отбирались пробы почв и грунтов 9 различных регионов Азербайджана, включающие природно-хозяйственные области Большого и Малого Кавказа, Муган-Сальянский, равнинный Ширванский, Лянкяран-Астаринский и Джалилабадский кадастровые районы. Исследуемые области Азербайджана характеризуются следующими типами почв: желтоземные, сероземные, горно-лесные коричневые, лугово-сероземные, темно-каштановые, каштановые обыкновенные, каштановые светлые.

Для сравнения численности микроорганизмов отбирали на той же глубине нетронутый грунт на расстоянии 7-10 метров от траншеи (контроль). Образцы почв формировали при смешивании проб из соответствующих почвенных горизонтов. В отобранных пробах грунтов и почв методом предельных раз-

ведений выявляли и оценивали численность углеводородокисляющих, денитрифицирующих и сульфатвосстанавливающих бактерий [7-8]. Известно, что к наиболее активным представителям почвенной микрофлоры, способным повреждать защитные покрытия и металл трубопроводов, относятся микроскопические грибы, главным образом, родов *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Alternaria*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Stachybotris*, *Paecilomyces*, актиномицеты, микобактерии, углеводородокисляющие, сульфатредуцирующие и тионовые бактерии [3]. Большинство этих групп микроорганизмов были найдены в обследованных нами почвах.

В грунтах, генетически связанных с желтоземными почвами, вследствие значительного содержания гумуса в почве и сравнительно большой мощности гумусовых горизонтов, так же, как и в болотах с мощным слоем торфа, не происходит существенного изменения содержания органического вещества в грунте траншеи при ее засыпке и перемешивании почвенных горизонтов. В результате при прочих равных условиях (влажность pH, химический состав) качественный и количественный состав микробиоты в грунте и почве в среднем одинаков. Основное место в изученных грунтах занимают бактериальные формы, почвенные грибы составляют небольшую часть от общего числа аэробных микроорганизмов.

В грунтах, генетически связанных с желтоземами, нами были найдены главным образом грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* и грибы порядка *Mucorales*. В грунтах, генетически связанных с каштановыми почвами, в условиях недостаточного увлажнения повышенная температура слоя грунта у трубы приводит к снижению его влажности и повышению минерализации почвенного раствора. Наиболее четко эти особенности проявляются летом. В результате резко ухудшаются условия жизнедеятельности для микроорганизмов. Так, на одном из участков трубопровода мы наблюдали уменьшение численности в грунте аэробных бакте-

рий и грибов с $5 \cdot 10^7$ до $3 \cdot 10^5$ кл/г, в то время как количество сульфатредуцирующих (СРБ) повысилось с 40 до $2,5 \cdot 10^3$ кл/г грунта. Впрочем, несмотря на неблагоприятные условия, уровень развития микроорганизмов в грунте траншей был достаточно высок, что, по-видимому, оказалось одним из факторов, определявших уровень коррозионных повреждений на этом участке трубопровода. Из грунтов, генетически связанных с каштановыми почвами, были выделены грибы родов *Penicillium*, *Cladosporium*, *Raecilomyces*, *Trichoderma*. Среди них преобладали грибы родов *Penicillium* и *Raecilomyces*.

Микробиота грунтов траншей газопровода, проложенных в каштановых почвах, по количественному составу и соотношению физиологических групп практически не отличается от микробиоты почв аналогичного механического состава. В грунтах траншей газопровода, проложенных в зоне каштановых почв, повреждения приурочены к участкам с высокой влажностью (10-12%), засоленностью и высоким содержанием СРБ (10^4 кл/г), высоким содержанием гумуса (свыше 1,5-2%).

Полученные результаты представлены в таблице, из данных которой следует, что количество бактерий, независимо от района взятия проб, в грунтах траншей газопровода заметно выше, чем в контрольной почве. Так например, в 1 г грунта траншеи, взятого в районе Евлаха, обнаружено до 1500×10^3 клеток бактерий, тогда как на контрольном грунте численность бактерий не превышала 700×10^3 клеток. Подобные результаты обнаружены и при анализе проб грунтов, взятых в Казимагомед и Кюрдамире. В Астаре, Масаллах и Сальянах столь резкого различия в численности бактерий не было, однако и в грунтах этих траншей численность бактерий всегда была выше, чем в контрольном участке. Что касается микроскопических грибов, то их количество также, как правило, было выше в грунтах траншей трубопровода, особенно в пробах, отобранных с верхней поверхности трубы.

В грунтах траншей трубопроводов выявлены углеводородокисляющие (УОМ),

денитрифицирующие (ДНБ) и сульфатредуцирующие бактерии (СРБ). Их численность в грунтах траншей выше по сравнению с численностью представителей этих бактерий в нетронутой почве. Следует отметить, что количество бактерий в грунтах траншей значительно превышает количество грибов. Это позволяет предполагать, что в коррозии изоляционных покрытий трубопроводов ведущая роль принадлежит не микроскопическим грибам, а бактериям. На большую роль бактерий в разрушении покрытий трубопроводов указывают многие исследователи, что свидетельствует о необходимости при определении стойкости изоляционных покрытий подземных трубопроводов, и газопроводов в частности, не ограничиваться использованием только грибов, а включать в тест организмов и бактерии [2; 5].

Таким образом, анализ полученных нами данных показал, что частота появления повреждений защитных покрытий трубопроводов может коррелировать с величиной потенциальной микробной коррозионной активности грунтов. Исследованиями в различных регионах Azerbaijan выявлено, что в условиях повышенной активности почвенных микроорганизмов происходит интенсивное развитие очагов биокоррозии газопроводов и биоразрушений изоляционных покрытий. Изоляционные покрытия, подверженные биологическому поражению, теряют первоначальную эластичность, охрупчиваются. В соответствии с полученными результатами оказалось возможным разделить изученные грунты на три типа. I тип – слабая биокоррозионная активность (к нему относятся участки в зонах от Астары до Джалилабада). II тип – средняя биокоррозионная активность (к нему относятся участки в зонах от Джалилабада, Сальяны до Казимагомеда). III тип – высокая биокоррозионная активность (к нему относятся участки в зонах Казимагомеда, Казах, Агдаш). В грунтах I типа почти не обнаружено повреждений защитных покрытий и металла, связанных с активностью почвенных микроорганизмов. Такие повреждения отмечены в грунтах III типа.

Таблица

**Количество(КОЕ/ г почв) бактерий и микроскопических грибов
грунта траншей газопровода**

Глубина взятия пробы, см	Место отбора пробы	Количество, x10 ³		Общее количество бактерий, x10 ³ .		
		Бактерии	Грибы	Углеводород- окисляющие бактерии	Денитрифи- цирующие бактерии	Сульфат- редуцирующие бактерии
Астара						
40	1	2500	100	100	60	2,5
65	2	2000	130	60	50	2,5
50	К	1950	70	25	40	1,5
Масаллы						
40	1	2100	200	110	60	5,0
65	2	1800	225	50	55	3,0
50	К	1830	175	30	30	1,0
Джалилабад						
40	1	2000	100	130	25	8,5
65	2	2050	90	80	15	6,5
50	К	1600	90	40	8	3,0
Сальяны						
40	1	2000	260	120	80	15
65	2	2000	190	100	60	15
50	К	1800	180	80	30	5,0
Газах						
40	1	1200	30	300	120	120
65	2	1000	20	150	80	100
50	К	800	18	100	30	50
Евлах						
40	1	1500	22	26	3	40
65	2	1220	15	13	1,2	40
50	К	700	10	10	0,6	20
Агдаш						
40	1	1200	35	250	175	130
65	2	900	20	200	150	100
50	К	800	20	100	130	40
Кюрдамир						
40	1	1400	25	100	15	75
65	2	1300	19	70	15	65
50	К	760	19	50	2,8	23
Кази-Магомед						
40	1	800	20	225	100	140
65	2	700	10	180	90	130
50	К	400	5	85	50	60

Примечание: 1 – грунт взят с верхней поверхности трубы; 2 – грунт взят сбоку трубы; 3 – ненарушенная почва на тех же глубинах (контроль).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Басиев К.Д., Бигулаев А.А., Кодзаев М.Ю. Механо-коррозионные процессы в грунтах и стресс-коррозия в магистральных нефтегазопроводах // Вестник Владикавказского научного центра. – 2005. – Т. 1 (№ 5). – С. 47–53.
2. Занина В.В. Методы оценки микробной стойкости защитных покрытий / В.В. Занина, Ж.П. Коптева, А.Е. Коптева и др. // Микробиологический журнал. – 2003. – Т. 65 (№ 5). – С. 41–45.
3. Каневская И.Г. Биологические повреждения промышленных материалов. – М.: Наука, 1984. – 231 с.
4. Коптева Ж.П. Влияние биокоррозионной активности грунта на биостойкость изоляционных покрытий / Ж.П. Коптева, В.В. Занина, А.Е. Коптева и др. // Микробиологический журнал. – 1996. – Т. 58 (№ 1). – С. 88–96.
5. Коптева Ж.П., Занина В.В. Микробные повреждения изоляционных покрытий // Микробиологический журнал. – 1999. – Т. 61 (№ 2). – С. 80–92.
6. Могильницкий Г.М. Микробиологическая коррозия газо- и нефтепроводов в грунте / Г.М. Могильницкий, А.М. Зиневич, С.В. Жукова и др. // Актуальные вопросы биоповреждений. – М.: Наука, 1983. – С. 138–152.
7. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 608 с.
8. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. – Л.: Наука, 1974. – 193 с.
9. Теплинский Ю.А. Актуальные вопросы эксплуатации магистральных газопроводов. – СПб.: ООО Инфо-Да, 2004. – 305 с.
10. Харисов Р.А. Основные причины возникновения дефектов изоляционных покрытий / Р.А. Харисов, Ф.Р. Хабирова, Ф.М. Мустафин и др. // Нефтегазовое дело. – 2005. – № 4. – С. 10–18.

УДК 597:504.4.054

Голамиан С.А.,¹ Рустамов Э.К.,¹ Бахмани М.,² Джордехи А.Ю.²

¹Институт физиологии им. А.И.Караева НАН Азербайджана (г. Баку)

²Международный институт исследования осетровых (г. Решт, Иран)

**ВЛИЯНИЕ СУБЛЕТАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДИАЗИНОНА
НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ,
ТКАНИ ПОЧЕК И МЫШЦ МОЛОДИ ПЕРСИДСКОГО ОСЕТРА
(*ACIPENSER PERSICUS*)**

S. Gholamian¹, E. Rustamov¹, M. Bahmani², A. Jourdehi²

¹*A.I. Karaev Institute of Physiology, Azarbaijan National Academy of Sciences, Baku*

²*International Sturgeon Research Institute, Iran, Rasht*

**EFFECT OF SUB-LETHAL CONCENTRATION OF DIAZINON
ON SOME BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD, KIDNEY TISSUE
AND MUSCLES OF PERSIAN STURGEON FINGERLINGS
*ACIPENSER PERSICUS***

Аннотация. Данное исследование проведено с целью выявления действия сублетальной концентрации диазинона на некоторые биохимические показатели крови, почечную и мышечную ткани молоди персидского осетра. Воздействию диазинона различных концентраций были подвергнуты 120 особей молоди персидского осетра. Клинические ответы и показатели крови были изучены через 24 и 96 часов воздействия. Круговое плавание, быстрые движения жабр, дисбаланс тела наблюдались во всех экспериментах. Однако коллапс мышц, изменение цвета жабр и нижней части тела наблюдались лишь у рыб, подвергнутых более высоким концентрациям диазинона. Содержание кортизола зависело от концентрации и времени воздействия токсиканта. Содержание глюкозы при всех концентрациях увеличивается после 96 часовой экспозиции. Светооптическое исследование показало, что в почечной ткани молоди диазинон вызывает дегенерацию эпителиальных клеток мочевых протоков, кровоизлияние и выпадение гемосидерина, эозинофилию в мочевых путях, гиперплазию и расширение капсулы Боумена; в мышечной ткани – отеки, некрозы и выпадение гемосидерина.

Ключевые слова: персидский осетр, диазинон, кровь, почечная ткань, мышечная ткань.

Abstract. This study was carried out with the aim of detecting sub-lethal effects of diazinon on some biochemical parameters of blood, kidney and muscle tissues of Persian sturgeon fingerlings. A total of 120 fingerlings were exposed to different concentrations of diazinon. Clinical responses and also blood indices were studied after 24 and 92 hours. Circular swimming, fast motion of gills and body imbalance were observed at all the experiments, but muscle collapse and changes in gill and abdomen color were observed in fish exposed to higher concentrations of diazinon. Cortisol hormone level depended significantly on the concentration and time of exposure to the toxicant. Glucose level was increased significantly after 96 hours. Histopathological effects of diazinon on kidney and muscle tissues of fingerlings were studied using a light microscope. Diazinon toxin caused degeneration of urinal tract epithelium cells, petechiae, hemorrhage and hemosiderin sediment, existence of eosinophile in urinal tracts, hyperplasia and enlargement of Bowman's capsule in the kidney tissue. In the muscle structure of treated fishes, some disasters such as edema, muscle necrosis and hemosydrosis were observed.

Key words: persian sturgeon, diazinon, blood, kidney, muscle.

Химические токсические вещества (пестициды) в сельском хозяйстве используются для борьбы с вредителями растений, их болезнями и сорняками. В дальнейшем эти вещества в большом количестве вместе с сельскохозяйственными сточными водами попадают в реки и моря, вызывая тем самым гибель рыб в водных экосистемах. Хотя природа имеет способность

к самовосстановлению, но высокие концентрации загрязняющих веществ нарушают ее, что является причиной серьезных изменений в экосистеме, приводящих к исчезновению многих видов водных растений и животных [14]. Диазинон является одним из наиболее применяемых органо-фосфатных пестицидов в Иране, который обнаруживается как в поверхностных, так и в подземных водах [7].

В настоящее время наиболее важным источником пополнения запасов осетровых является их искусственное разведение и выпуск в Каспийском море. Персидский осетр является одним из эндемичных видов, обитающих в южной части Каспийского моря. Поскольку восприимчивость разных видов рыб к токсикантам различна, токсикологические эксперименты проводятся с каждым видом в отдельности. Количественное исследование крови является важным показателем физиологического состояния рыб, особенно на начальных стадиях развития, что играет важную роль при разведении и выращивании осетровых [19]. Кроме того, гистопатологическое исследование почечной и мышечной тканей является надежным инструментом для выявления уровня токсичности изучаемого вещества. Настоящая работа посвящена оценке воздействия подострых концентраций органо-фосфатного пестицида на некоторые показатели крови и почечную и мышечную ткани персидского осетра.

Материалы и методы

Исследование проведено в Международном институте изучения осетровых Каспийского моря (Решт, Иран). Исследовано 120 особей молоди персидского осетра со средним весом 10 ± 2 г. Рыбы были подвергнуты воздействию диазинона в концентрациях 0,01, 1,09 и 2,19 мг/л. Опыты ставились в трех повторениях. В каждом аквариуме после акклиматизации содержались по 10 особей рыб. Все аквариумы были оборудованы системой аэрации. Физико-химические условия содержания: температура, растворенный кислород

и общая жесткость воды периодически регистрировались (см. табл.). В течение всех опытов рыб не кормили, исходя из рекомендаций Организации экономического сотрудничества и развития [13]. Морфологические показатели (изменение цвета кожи, активность, секреция слизи), характер плавания и удержания равновесия аккуратно отмечались. Образцы крови отбирали из хвостовой вены с помощью шприца 2сс через 24 и 96 часов [3; 6]). Для отделения сыворотки был использован поллинг метод [4; 5]. Образцы сыворотки получали путем центрифугирования при 3000 об/мин в течение 10 минут. Для изучения биохимических показателей, таких, как содержание глюкозы и кортизола в крови, использовались радиоиммунологические (RIA) и колориметрические методы в величинах в мг/л и нг/мл соответственно [3; 5; 15]. Для гистологического исследования образцы тканей брались из средней части почки и мышц и фиксировали в жидкости Буэна. Затем резали толщиной 7 мкм. Окраску проводили гематоксилином и эозином. Окрашенные срезы изучали с помощью светового микроскопа (Nikon E600, Япония).

Статистический анализ выполнен посредством использования одностороннего ANOVA метода для определения значимых различий во всех случаях с достоверностью 95% использованием. После проверки однородности вариаций был использован тест Nuki и Duncan для сравнения экспериментальных групп друг с другом, а также Т-тест независимых выборок. Анализ данных проводился с помощью SPSS 16 программного обеспечения.

Таблица

Физико-химические показатели воды, в которых содержались рыбы

Температура (C°)	Растворенный кислород (мг/л)	Общая жесткость (мг/л)
24,67±1,23	7,2±0,2	108±2

Результаты

У контрольных рыб наблюдались нормальные поведенческие реакции, такие, как активное плавание и хороший баланс тела, а также отмечался нормальный цвет тела. У рыб при воздействии различных концентраций диазинона отмечалось увеличение секреции слизи на поверхности тела, круговые плавательные движения, быстрое закрытие и открытие жаберных крышек, неустойчивое положение тела, которые наступали при 24-часовой экспозиции и усиливались с увеличением концентрации токсиканта и временем его воздействия. Высокие концентрации диазинона приводили к коллапсу мышц, жаберному кровоизлиянию, обесцвечиванию как всего тела, так и нижней его части.

Уровень содержания кортизола показал значительную разницу при 24- и 96-часовых экспозициях. Также отмечалось существенное увеличение показателей кортизола относительно контроля в концентрациях диазинона 0,01 и 2,19 мг/л (рис. 1). Увеличение уровня содержания глюкозы в различных концентрациях диазинона наблюдается на 96 час экспозиции (рис. 2).

Гистопатологические результаты выявили, что воздействие диазинона приводит к дегенерации эпителиальных клеток мочевых путей, кровоизлиянию, выпадению гемосидерина, присутствию эозинофилов в мочевых протоках, увеличению капсул Боумена и гиперплазии. В мышечной ткани экспериментальных рыб отмечались отеки, некроз мышц и выпадение гемосидерина. Выраженность этих патологий зависла от концентрации и времени воздействия токсиканта (рис. 3-6).

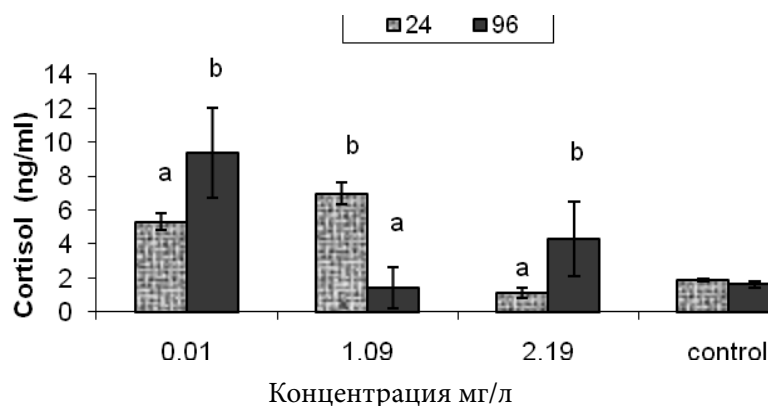


Рис. 1. Изменение уровня кортизола у молоди персидского осетра при различных концентрациях диазинона через 24 и 96 часов

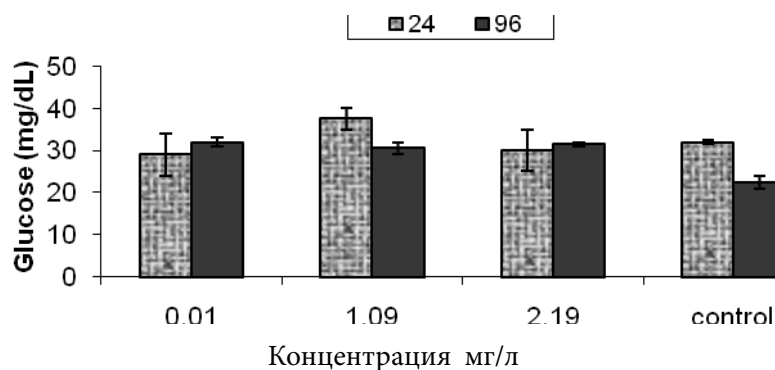


Рис. 2. Изменение уровня глюкозы у молоди персидского осетра при различных концентрациях диазинона через 24 и 96 часов

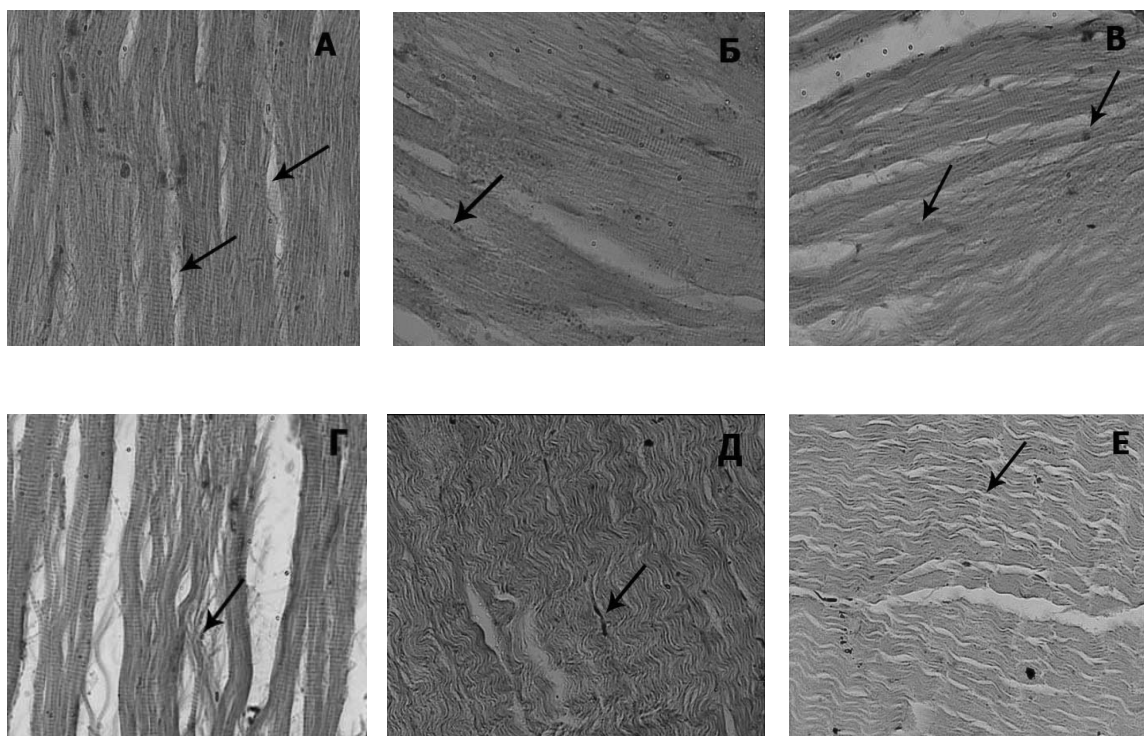


Рис. 3. Изменения в мышечной ткани молоди персидского осетра при воздействии диазинона различных концентраций и времени экспозиции (H & E).

- А: продольный срез отдельной мышцы. Продольный разрыв (стрелка); концентрация 0,01 мг / л, экспозиция 24 часа. (400X).
- Б: продольный срез отдельной мышцы. В больших ядрах ядрышки (стрелка); концентрация 0,01 мг / л, экспозиция 96 часов. (400X).
- В: продольный срез мышцы. Выпадение гемосидерина (стрелка); концентрация 1,09 мг / л, экспозиция 24 часа (400X).
- Г: продольный срез мышцы. Некроз (стрелка); концентрация 1,09 мг / л, экспозиция 96 часов (400X).
- Д: продольный срез мышцы. Появление аморфных клеток (стрелка); концентрация 2,19 мг / л, экспозиция 24 часа (200 X).
- Е: продольный срез мышцы. Некроз (стрелка); концентрации 2,19 мг / л, экспозиция 96 часов (200 X).

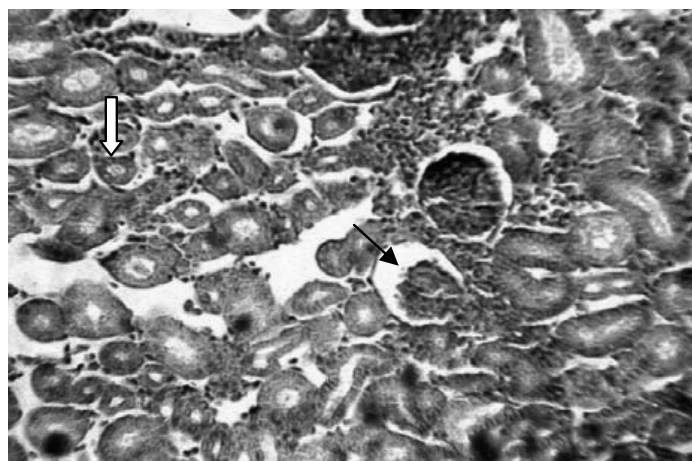


Рис. 4. Увеличение капсулы Боумена (черная стрелка) и наличие эозинофилов в мочевых протоках (белая стрелка) в почечной ткани молоди персидского осетра при концентрации диазинона 1,09 мг / л, экспозиция 96 часов.

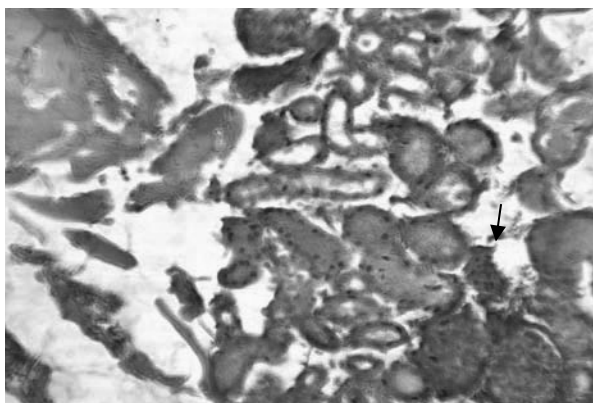


Рис. 5. Гиперплазия (стрелка) в почечной ткани молоди персидского осетра при концентрации 1,09 мг / л, экспозиция 96 часов.

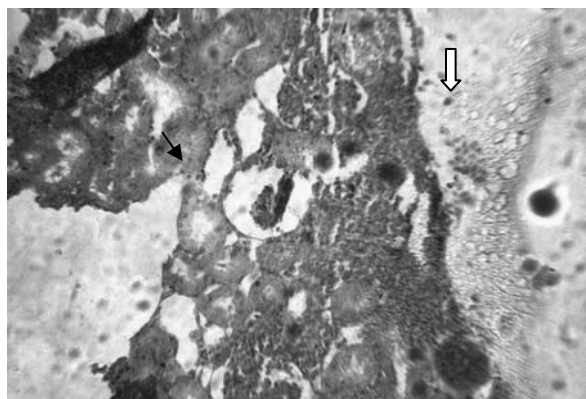


Рис. 6. Некроз мочевых путей (черная стрелка) и выпадение гемосидерина (белая стрелка) в почечной ткани молоди персидского осетра при концентрации 2,19 мг / л, экспозиция 96 часов.

Обсуждение и выводы

Увеличение секреции слизи у рыб, подвергавшихся неблагоприятным экологическим условиям, является неспецифической реакцией организма и способом защиты от воздействия токсиканта. Эту защитную функцию слизи выполняет содержащийся в ней гидролитический фермент, который секретирует антитела против токсического воздействия загрязнителя. Считается, что у рыб слизь предотвращает снижение осмотической стойкости крови этим путем [16].

Красноватое брюхо возникает в результате накопления меланоцитов и снижения кро-

вообращения в артериях [2]. Склероз, лордоз и нервный паралич указывают на ацетилхолин, который уменьшается при воздействии диазинона, что снижает активность рыб, хищническое поведение, изменяет их место обитания и в конечном итоге приводит к снижению выживаемости животных в природной среде [8; 10]. У другого вида осетровых – шипа (*Acipenser nudiventris*) диазинон при концентрации 4,6 мг/л и экспозиции 96 часов вызывал такие нарушения, как нервный паралич, атония мышц в начале эксперимента, гиперактивность на воздействие внешних факторов, полукруглые формы плавания, мелкие кровоизлияния на поверхности тела (петехии) и повышение секреции слизи на жаберных лепестках [12]. Эти признаки также наблюдались и у севрюги (*Acipenser stellatus*) при концентрации диазинона 4,98 мг/л к 96 часу воздействия [11]. Аналогичные изменения наблюдались и у моноптеруса (*Monopterus albus*), выдержанных в 0,42 мкг/л эндосульфана в течение 10 - 20 минут [20]. Токсические эффекты эндосульфана были изучены также на молоди белуги (*Huso huso*). Показано, что время выдерживания рыб в этом токсиканте играет большую роль, чем его концентрация [17]. Схожие результаты были получены и в настоящем исследовании на молоди персидского осетра.

Результаты исследования действия диазинона на биохимические показатели карпа (*Cyprinus carpio*), как и у персидского осетра, показали значительное увеличение глюкозы в плазме крови [7]. По-видимому, стресс стимулирует образование глюкокортикоидных гормонов, которые, в свою очередь, способствуют повышению содержания глюкозы в крови за счет увеличения катаболизма белка в тканях. Как известно, изменение уровня глюкозы в крови приводит к нарушению иммунно-регуляторной системы животных. Так, при эспонировании кутума (*Rutilus frisii kutum*) в диазиноне наблюдается значительное увеличение уровня кортизола [9]).

Кортикостероидные гормоны увеличиваются при стрессовых ситуациях, вызывая разрушение почечной ткани, клеточных струк-

тур селезенки и печени с признаками мелких кровоизлияний, проникновение аморфных клеточных масс, полиморфизм клеточного ядра, вакуольную дегенерацию, многочисленные некрозы [18]. Кроме того, показано, что диазинон при концентрациях 0,06 и 0,12 мг/л у карпа приводит к разрушению клеток эпителия почечных протоков, некрозу этих путей, рассасыванию гломерул, увеличению капсулы Боумена [7]. У кутум при воздействии диазинона при концентрациях 1 и 1,5 мг/л наблюдался ряд гистопатологических изменений. Так, отмечены дегенерация клеток эпителия почечных протоков, расширение капилляров, уменьшение капсулы Боумена [1]. Аналогичные результаты получены при исследовании воздействия на разные ткани пестицида Lambda-cyhalothrin. Были выявлены проникновение аморфных масс, потемнение эпителиальных клеток, сокращение числа гломерул, увеличение пространства в капсуле Боумена, некроз эпителиальных клеток. Наиболее частым изменениям подвергаются эпителиальные клетки почечных канальцев [16].

В настоящей работе была установлена прямая зависимость степени проникновения аморфных клеточных масс от концентрации токсиканта и времени его воздействия. При высоких концентрациях диазинона наблюдалось выпадение гемосидерина и воспаление мышечной ткани. Как установлено, патология мышечной ткани может проявляться в изменении саркоплазмы [16]. Таким образом, использование диазинона в сельскохозяйственных фермах, особенно в тех, которые расположены недалеко от водных артерий, должно быть резко ограничено, поскольку он представляет реальную угрозу для жизни молоди персидского осетра.

ЛИТЕРАТУРА:

- Anoosheh I. Physiological effects of diazinon on gonad, liver, kidney and gill of *Rutilus frisii kutum*: MSc. thesis. – Tehran University, 2011. – 113 p.
- Bahmani M. Ecophysiological evaluation of stress via affects on HPG, HPI axis, immune system and reproductive system in *Asipenser persicus*: PhD. thesis. – Islamic Azad University, 1999. – 274 p.
- Bahmani M., Oryan S., Vosoughi G. Ecophysiological indicators of stress in female Persian sturgeon *Acipenser persicus* // *Iranian J. of Fisheries Sciences*. – 2000. – Vol. 2 (№ 1). – P. 37-45.
- Bahmani M., Kazemi R., Donskaya P. A comparative study of some hematological features in young reared sturgeon // *Fish Physiology and Biochemistry*. – 2001. – Vol. 24. – P. 135-140.
- Bahmani M. Study of stress hormones effects on ovarian follicular and testis apoptosis in gold fish, *Carassius auratus*: Postdoctoral research fellow thesis in comparative reproductive endocrinology. – University of Calgary. Biological Sciences Dept. (Canada), 2002. – 475 p.
- Bahmani M. Qualitative evaluation of several year old sturgeon at artificial conditions. Final report of research project / M. Bahmani, R. Kazemi, K. Amiri et al. – [Iranian Fisheries Research Publications]. – 2004. – 80 p.
- Banaie M. Evaluation of hematology and histopathology in experimental toxicity with diazinon in common carp (*Cyprinus carpio*). Fisheries publication // *J. of Iranian Natural Resources*. – 2011. – Vol. 64. – P. 1-13.
- Duttat H.M., Arends D.A. Effects of endosulfan on brain acetylcholinesterase activity in juvenile blue-gill sunfish // *Environmental Research*. – 2003. – Vol. 91 (№ 3). – P. 157-162.
- Fekri N. Investigation of diazinon effect on acetylcholine esterase and hematology of Caspian Sea *Rutilus rutilus*: MSc. thesis on marine pollution, 2012. – 67 p.
- Koprucu S.S. Acute toxicity of organophosphorous pesticide diazinon and its effects on behavior and some hematological parameters of fingerling European catfish *Silurus glanis* / S.S. Koprucu, K. Koprucu, V.S. Ural et al. // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. – 2006. – Vol. 86 (№ 2). – P. 99-105.
- Khoshbavar Rostami H., Soltani M., Yelghi S. Effect of diazinon on some blood indices of *Acipenser stellatus*, LC50 detection // *Iranian J. of Fisheries*. – 2005. – Vol. 5. – P. 100-108.
- Khoshbavar Rostami H., Soltani M. Effect of acute toxicity of diazinon on some blood indices of *Acipenser nudiventris* and LC50 detection // *Iranian J. of Fisheries Sciences*. – 2005. – Vol. 3. – P. 49-60.
- OECD Guidelines for Testing of Chemicals [№ 203: Fish, acute toxicity test. № 204: Fish, prolonged toxicity test]. – Paris: OECD, 1992. – 11 p.
- Pajand Z. Lethal concentration detection of machete herbicide on fingerlings *Acipenser persicus* and *Acipenser stellatus* // *Iranian Fisheries J.* – 2005. – Vol.14 (№ 1). – P. 41-50.
- Pottinger T.G., Carrick T. R. Stress responsiveness affects dominant –Subordinate relationships in

- rainbow // *Hormones and Behavior*. – 2001. – Vol. 40 (№ 3). – P.419-427.
16. Tachashima F., Hibia T. Atlas of fish histology. Natural figures and Histopathology / Translated by Posti A. and Sedigh Marvasti A. – Tehran University Publications, 1999. – 328 p.
17. Sharifpoor A., So, Tanim M., Javadi M. 96 - LC50 detection and histopathological effect of Endosulfan in fingerling *Huso huso* // *Iranian J. of Fisheries Sciences*. – 2003. – Vol. 4. – P. 69-84.
18. Sharifpoor A. Study on organs of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) exposed to different concentrations of sub lethal concentrations using light and electronic microscope / A. Sharifpoor, R. Pourgholam, M. Soltani et al. // *Iranian J. of Fisheries Sciences*. – 2006. – Vol. 5. – P. 111-136.
19. Shamloofar M. 96-LC 50 of diazinon and its sub lethal concentration on some blood factors of beluga, *Huso huso* / M. Shamloofar, A. Kamali, M. Piri et al. // *Iranian J. of Fisheries Sciences*. – 2006. – Vol. 4. – P. 69-78.
20. Siang H.Y., Yee L.M., Seng C.T. Acute toxicity of organochlorine insecticide endosulfan and its effect on behavior and some hematological parameters of Asian swamp eel *Monopterus albus*, Zuiew // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. – 2007. – Vol. 86 (№ 1). – P. 46-53.

УДК 528

Гусейнова А.Ю., Гарахани П.Х., Набиева П.Н.
Институт ботаники НАН Азербайджана (г. Баку)

К НОМЕНКЛАТУРЕ И СИСТЕМАТИКЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *CENTAUREA* L. (ASTERACEAE DUMORT.)

A. Huseynova, P. Garakhani, P. Nabiyeva
Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku

TO THE NOMENCLATURE AND SYSTEMATICS OF SOME SPECIES OF THE GENUS *CENTAUREA* L. (ASTERACEAE DUMORT.)

Аннотация. Приведены результаты изучения различных морфологических особенностей *Tomanthea spectabilis* Fisch. et Mey. и *Grossheimia macrocephala* Muss.-Puschk., отмечены характерные диагностические признаки, доказывающие, что эти виды обнаруживают признаки, свойственные роду *Centaurea* L. (Asteraceae Dumort.). Приведена основная синонимика видов *Centaurea spectabilis* Fisch. et Mey. и *Centaurea macrocephala* Muss.-Puschk., их морфологическое описание, а также краткие сведения о распространении в Азербайджане (Малый Кавказ, Нахчыван горный) в среднем горном и субальпийском поясах, на горных пугах.

Ключевые слова: номенклатура, систематика, *Centaurea*, *Tomanthea spectabilis*, *Grossheimia macrocephala*.

Abstract. We report the results of studying various morphological features of *Tomanthea spectabilis* Fisch. et Mey. and *Grossheimia macrocephala* Muss.-Puschk. The characteristic diagnostic features prove the species relation to *Centaurea* L. Genus (Asteraceae Dumort.). The basic synonymy of the species *Centaurea spectabilis* Fisch. et Mey. and *Centaurea macrocephala* Muss.-Puschk., their morphological description and also brief data on distribution of the species in Azerbaijan are provided (Lesser Caucasus, mountainous part of Nakhchivan, Middle mountain and subalp zone and on mountain meadows).

Key words: nomenclature, taxonomy, *Centaurea*, *Tomanthea spectabilis*, *Grossheimia macrocephala*.

В обработке сложноцветных (Asteraceae Dumort.) для «Флоры Азербайджана» И.И. Карягин [5] приводит 29 видов рода *Centaurea* L. Из числа видов рода васильков, встречающихся во флоре СССР, 34 вида отмечены в Азербайджане, из которых 10 видов впервые описаны здесь. Во время флористических поездок в различные районы Азербайджана нами собрано порядка 100 гербарных экземпляров, относящихся к роду *Centaurea*. В ходе полевых исследований, а также при изучении гербарных образцов Азербайджанского гербария Ботанического Института (БАК), мы пришли к выводу о необходимости внесения изменений и уточнений в систематику и номенклатуру 2-х видов рода васильков – *C. spectabilis* Fisch. et Mey. и *C. macrocephala* Muss.-Puschk.

В познание рода *Centaurea* в целом большой вклад внесли ряд ученых – А.А. Гроссгейм [2-3]; И.И. Карягин [4-5]; Н.Н. Цвелев [8]; П.П. Поляков, [6]; С.К. Черепанов [9-11] и др. Во «Флоре Азербайджана» И.И. Карягин [4] приводит *C. spectabilis* в составе рода *Tomanthea* D.C. – *T. spectabilis* Fisch. et Mey. В таком же понимании этот вид рассматривался и во «Флоре СССР» [9]. Несколько позже во «Flora of Turkey» [12] и «Flora Iranica» [13] *T. spectabilis* отнесен к роду *Centaurea*.

Детальное изучение различных морфологических особенностей *T. spectabilis*, где отмечены наиболее характерные его диагностические признаки (стебель и стеблевые листья паутинисто-войлочные; листья лировидные, перистораздельные или же перисто-рассеченные и

сегментированные; обертка полукруглая; листочки обертки черепитчатые, многорядные, в конце слегка колючие; придатки реснитчатые; снаружи семянки покрыты щетинкой, хохолок многорядный и остающийся) показывает, что этот вид обнаруживает признаки, в совокупности свойственные роду *Centaurea*. Это убедило нас в правомерности отнесения *T.spectabilis* в состав рода *Centaurea*.

Следующий вид – *C.macrocephala* во «Флоре Азербайджана» [1] приводится в составе рода *Grossheimia* D.Sosn. et A.Takht. как *G.macrocephala* Muss.-Puschk. В таком понимании он приводится и во «Флоре СССР» [7]. Однако во «Flora of Turkey» [12] род *Grossheimia* не признан и включен в род *Centaurea* в ранге самостоятельной секции. Во «Flora Iranica» [13] этот вид также рассматривается в составе рода *Centaurea*. Следуя последним авторам и основываясь на их мнении, а также учитывая нижеследующие сравнительные признаки родов *Centaurea* и *Grossheimia* (см. табл.), вид *C.macrocephala* также отнесен нами в состав рода *Centaurea*.

Ниже приводим основную синонимику видов *C.spectabilis* и *C.macrocephala*, их морфологическое описание, краткие сведения о распространении в Азербайджане и гербарные экземпляры собственных сборов.

C.spectabilis (Fisch. et Mey.) Schultz Bip. 1846, in Linnaea, 19:326; G.Wagenitz, 1975, Flora of Turkey, 5:525; G.Wagenitz, 1980, Flora Iranica, 3:356. – *Psephellus spectabilis* Fisch. et Mey. 1837, Ind. Sem. Hort. Petrop. 4:43. – *Tomanthea spec-*

tabilis (Fisch. et Mey.) Takht. 1939, в Тр. молодых научн. работн. Арм. фил. АН СССР:241; И.И. Карягин, 1961, Фл. Азерб. 8:450; С.К. Черепанов, 1963, Фл. СССР, 28:361.

Многолетнее растение с одревесневшим, многоглавым корневищем. Стебель прямой, простой или маловетвистый, войлочно-опушенный, 30-80 см высоты. Листья с обеих сторон паутинисто-войлочнораспушенные; нижние стеблевые листья лировидные или перисто-рассеченные, средние перисто-рассеченные или перистораздельные, верхние иногда с сегментами. Обертка полукруглая, у основания раздельная, 25-30 мм шир., листочки обертки многочисленные, черепитчатые, кожистые, голые, гладкие, треугольные, трудно отделяются др. от др., темно-коричневые, с обеих сторон реснитчатые (3)4-10, (1-2)3 мм дл., слегка колючие. Цветки желтые, пыльники розовато-фиолетовые. Краевые цветки сильно не отличаются. Семянки 6-8 мм дл., хохолок 13-17 мм дл., жестко опушенный с шероховатой поверхностью, фиолетовый или коричневый.

Распространение в Азербайджане – Нахчыван горн. В среднем горном поясе.

Изученные образцы – Нахчыванская АР, Шахбузский р-н, перевал Батабат, 2240 м над ур. м. 01.VII.2010 А.Ю. Гусейнова; Ордубадский р-н, 2200 м над ур. м. 03.VII.2010 А.Ю. Гусейнова.

C.macrocephala Muss.-Puschk. 1803, in Willd. Sp.pl. 3,3:2298; G.Wagenitz, 1975, Flora of Turkey, 5:522; G.Wagenitz, 1980, Flora Irani-

Таблица

Сравнительные признаки родов *Centaurea* и *Grossheimia*

<i>Centaurea</i> L.	<i>Grossheimia</i> D.Sosn. et A.Takht.
Листочки обертки многорядные, черепитчатые	Листочки обертки многорядные, черепитчатые
Придатки цельные, надорваны или же реснитчато-бахромчатые	Придатки пленчатые, по краю бахромчато-реснитчатые
Цветоложе жестковолосистое	Цветоложе густощетинистое
Семянки сжатые с боков, с боковым рубчиком	Семянки сильно сжатые, с боковым рубчиком
Хохолок двойной, остающийся	Хохолок двойной, остающийся

са, 3:352. – *Grossheimia macrocephala* (Muss.-Puschk.) Sosn. et. Takht. 1945, в докл. АН Арм. ССР, 2,1:23; С.Д. Агаджанов, 1961, Фл. Азерб. 8:434; Д.И. Сосновский, 1963, Фл. СССР, 28:333.

Стебель более 1 м высоты, корень стержневой. Прикорневые листья длинно-черешковые, образующие корневую розетку. Средние стеблевые листья словно окутывают стебель, 13-15 см дл., 4-5 см шир., верхние сидячие, линейные, кверху постепенно уменьшаются, нижние стеблевые листья широкояйцевидные, 20 см дл., 5-9 см шир., при касании коротко жестко опушенные. Обертка широкояйцевидная, 20-25 мм шир. Листочки обертки линейные, окутывающие обертку. Наружные листочки обертки желтые, похожие на веер, по краю бахромчатые, средние широкояйцевидные, темно-желтые, по краю беловато-перепончатые, кончики внутренних листочков несколько менее бахромчатые. Венчик темно-желтый. Семянки 1 см дл., хохолок темно-фиолетовый, 7-8 мм дл.

Распространение в Азербайджане – Малый Кавказ, Нахчыван горн. В субальпийском поясе. На горных лугах.

Изученные образцы – Кедабекский р-н, село Агамалы, 2000 м над ур. м. 12.VIII.2010 А.Ю. Гусейнова.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Агаджанов С.Д. Род *Grossheimia* D.Sosn. et. A.Takht. // Флора Азербайджана. Т. 8. – Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1961. – С. 433–434.
2. Гроссгейм А.А. Флора Кавказа. Т. 4. – Баку: Изд-во АН СССР, 1934. – 342 с.
3. Гроссгейм А.А. Определитель растений Кавказа. – М.: Сов. наука, 1949. – 747 с.
4. Карягин И.И. Род *Tomanthea* DC. // Флора Азербайджана. Т. 8. – Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1961. – С. 449–451.
5. Карягин И.И. Род *Centaurea* L. // Флора Азербайджана. Т. 8. – Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1961. – С. 458–478.
6. Поляков П.П. Систематика и происхождение сложноцветных. – Алма-Ата: Изд-во АН Казахской ССР, 1967. – 335 с.
7. Сосновский Д.И. Род *Grossheimia* D.Sosn. et. A.Takht. // Флора СССР. Т. 28. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 332–335.
8. Цвелев Н.Н. Род *Centaurea* L. (подроды *Centaurea*, *Lopholoma*, *Odontolophus*) // Флора СССР. Т. 28. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 377–387, 493–512.
9. Черепанов С.К. Род *Tomanthea* DC. // Флора СССР. Т. 28. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 359–364.
10. Черепанов С.К. Род *Centaurea* L. (подроды *Calcitrapa*, *Cyanus*, *Jacea*, *Solstitiaria*) // Флора СССР. Т. 28. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 387–418, 440–463, 570–576.
11. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / 2-е изд. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 991 с.
12. Wagenitz G. *Centaurea* L. // Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 5. – Edinburgh: Univer. Press., 1975. P. 465–585.
13. Wagenitz G. *Centaurea* L. // Flora Iranica. Vol. 3. – Graz: Akad. Druck-Verlags, 1980. – P. 313–420.

УДК 58.01.07

Инджеева Л.А., Бакташева Н.М.

Калмыцкий государственный университет (г. Элиста)

ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *IRIS PUMILA* L. В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ

L. Indzheeva, N. Baktasheva

Kalmyk State University, Elista

CHARACTERIZATION OF POPULATION OF *IRIS PUMILA* L. IN THE REPUBLIC OF KALMYKIA

Аннотация. В настоящей статье приводятся результаты эколого-ценотических исследований *Iris pumila* L. в Республике Калмыкия. Определены жизненные циклы ириса карликового, сезонные ритмы его развития. Выявлены важные репродуктивные аспекты биологии вида в засушливом климате Калмыкии. Предложены мероприятия по сохранению и использованию его внутривидового разнообразия.

Ключевые слова: жизненный цикл, сезонный ритм развития, семенное и вегетативное размножение.

Abstract. We present the result of ecological and coenotic studies of *Iris pumila* L. in the Republic of Kalmykia. Life cycles and seasonal rhythm of development is determined. The most important aspects of reproduction biology of *Iris pumila* L. in the arid climate of Kalmykia are found. Measures for conservation and management of the intraspecific diversity of *Iris pumila* L. are suggested.

Key words: life cycles, seasonal rhythm of development, aspects of reproduction, arid climate, intraspecific diversity.

Одной из современных экологических проблем является сокращение численности редких видов растений вследствие возрастания антропогенной нагрузки на природные фитоценозы.

В состав рода *Iris* входит около 250 видов [8, с. 9-15]. Типовой подрод *Iris* включает в себя 3 секции: *Iris*, *Pumilae* и *Vernae*. Виды этого подрода считаются наиболее эволюционно молодыми среди всех подродов. Отличительным признаком является полоска из густых волосков, так называемая борода, на центральной жилке нижних, а иногда и верхних лепестков. К секции *Pumilae* автор относит карликовые одноцветковые виды европейского происхождения. Типовой вид секции *Iris pumila* L. весьма интересен в ботаническом отношении [9, с. 423-435].

Род *Iris* в Республике Калмыкия представлен видами *Iris pumila* L., *I. halophila* Pall., *I. scariosa* Willd. ex Link, *I. tenuifolia* Pall., *I. pseudacorus* L., *I. aphylla* L., *I. pseudonotha* [1, с. 136]. *Iris pumila* L. – многолетний корневищный эфемероидный геофит. Он является, в основном, компонентом белополынно-злаковых и полынно-типчаково-ковыльных, полынно-тырсово-ковыльных фитоценозов пустынной степи на светло-каштановых суглинистых почвах плакоров Ергенинской возвышенности. В связи с сокращением ареала включен в список видов, нуждающихся в охране [7, с. 20].

Цель и методика исследований

Целью данного исследования было выявление современного ареала вида *Iris pumila* L. в Республике Калмыкия, установление его эколого-ценотической приуроченности, обобщения результатов изучения жизненного цикла (морфогенеза, онтогенеза) и сезонного ритма его развития, пространственной и возрастной структуры ценопопуляций. Исследованы репродуктивные аспекты вида (семенное и вегетативное размножение). До настоящего времени о виде в литературе имеются в основном сведения общего системного характера. В его составе описано

© Инджеева Л.А., Бакташева Н.М., 2013.

несколько внутривидовых групп. Ценопопуляционные исследования ириса карликового позволят изучить реальное состояние природных ценопопуляций, а также могут стать основой для селекционной работы.

Материал для данной работы собран в различных районах республики. Основой послужили исследования 30 природных ценопопуляций *I. pumila* L. на 12 стационарных площадках, проведенные в период с 2008 по 2012 гг. При описании онтогенетических особенностей исследуемых ценопопуляций использовались методики изучения возрастных состояний Т.А. Работнова [6, с. 483]. Для определения возрастного спектра были учтены возрастные состояния 100 особей из каждой ценопопуляции при сплошном учете. Полученные биоморфологические показатели обрабатывались с помощью статистического пакета Microsoft Office Excel 2003: для среднего арифметического значения определялась ошибка, максимальное и минимальное значение признака.

Результаты исследований

Фенотипические особенности растений.

Цветет ирис карликовый в середине апреля, лишь при продолжительной низкой температуре воздуха, цветение начинается в первых

числах мая. Продолжительность цветения одного цветка 5-6 дней. Окраска околоцветника одноцветная или двуцветная, варьирует от насыщенно фиолетово-голубой до светло-желтой и белой, нередко по краю околоцветника имеется полоска или пятно контрастного темного цвета. Цвет бородки на центральной жилке нижних листьев голубой, белый или желтый. Среди изученных ценопопуляций особое место занимают светло-желтые и белоцветковые особи ирисов с ароматным запахом околоцветника. У остальных особей запах отсутствует или слабо выражен. Белоцветковые и светло-желтые особи с запахом выявлены в Яшалтинском районе (оз. Маныч-Гудило) и в окрестностях г.Элиста. Нами были выделены 10 фенотипов с различной окраской околоцветника и бородки, представленные в табл.

Малый жизненный цикл и сезонный ритм развития. Описание морфологической структуры взрослых особей и зародышей *Iris pumila* L., вегетативного размножения и прорастания семян в условиях культуры мы находим в работах Родионенко [8, с. 9-15], Мамаевой [5, с. 141].

В Калмыкии надземное развитие ириса карликового начинается в первой половине марта. Всходы появляются вслед за таянием снега по мере прогревания почвы. С продолжительными низкими температурами сроки

Таблица

Окраска околоцветника *Iris pumila*.L

Фено-тип	Цвет околоцветника	Окраска бородки	Запах	Фено-тип	Цвет околоцветника	Окраска бородки	Запах
1.	Желтый с темно-коричневым пятном по краю лепестка	желтая	+	6.	Бордовый с тигровым рисунком в центре лепестка	белая	-
2.	Бледно-желтый с тигровым рисунком в центре лепестка	белая	-	7.	Фиолетовый	голубая	-
3.	Желтый	белая	-	8.	Бордовый	голубая	-
4.	Белый с черным пятном по краю лепестка	желтая	+	9.	Голубой с тигровым рисунком в центре лепестка	белая	-
5.	Белый	желтая	+	10.	Синий	голубая	-

вегетации сдвигаются на 5-8 дней. Цикл развития растения от всходов до цветения составляет 42-45 дней. С началом вегетации в корневище начинает формироваться проросток 5-8 мм. По окончании надземной вегетации происходит процесс дифференциации цветка, в середине апреля происходит развитие монокарпического цветочного побега, в котором формируются мужские и женские органы. Цветение одного цветка составляет 5-6 дней. В этот период в корневище формируется зачаток побега будущего года. В середине мая заканчивается процесс формирования пыльцы. В начале июня образуется плод с семенами. Таким образом, малый жизненный цикл завершается в течение 80-86 дней.

В ходе морфогенеза сменяются следующие фазы: первичный побег (p-im) – главный симподий (v) – первичный куст с молодым цветоносным побегом (g_1) – взрослое растение с цветущим побегом (g_2), старое генеративное растение (g_3) – субсеньльное растение (ss) – сеньльное растение (s).

Большой жизненный цикл. В онтогенезе ириса выделены возрастные группы.

1. Семена (se): круглые, коричневые.
2. Проростки (p). Семена прорастают в лабораторных условиях на третий год [5, с.141].
3. Ювенильные растения (j). Характерный признак – наличие 1 продолговатого ассимилирующего листа.
4. Имматурные растения (im) имеют листья, по форме приближающиеся к взрослым генеративным растениям. Корневище состоит из 1 звена.
5. Виргинильные растения (v) имеют листья, по форме приближающиеся к взрослым генеративным растениям. Корневище состоит из 1-2 звеньев, расположенных горизонтально на поверхности почвы. От корневища отходят придаточные корни.
6. Молодые генеративные растения (g_1). Цветущие особи с 4 листьями и цветоносным побегом. Корневище состоит из главного корня и двух боковых.
7. Средневозрастные растения (g_2) представляют группу цветущих растений с крупным околоцветником.

8. Старые генеративные растения (g_3) – околоцветник скрученный, лепестки завяли.

9. Субсеньльные растения (ss) – корневища сухие, цветение и вегетативное размножение отсутствуют.

10. Сеньльные растения (s) – отмирающие особи без ассимилирующих листьев. Корневище рыхлое, разлагающееся.

Ряд авторов, в том числе Любарский [2, с. 3-16] отмечают, что направления дифференциации особей в ценопопуляциях многообразны. Однако первостепенное значение в самоподдержании ценопопуляций как целого принадлежит возрастной дифференциации. Одновозрастные ценопопуляции явно неустойчивы. Напротив, устойчивые дефинитивные ценопопуляции всегда разновозрастны: входящие в их состав различные возрастные группы (блоки) являются звеньями единого круговорота поколений, обеспечивающего непрерывность существования ценопопуляций как целого [11, с. 8-19; 10, с. 131].

По продолжительности жизненного цикла *Iris pumila* L. следует отнести к растениям с длительным онтогенезом (10-12 лет). По особенностям большого жизненного цикла ирис карликовый принадлежит к типу поликарпических биоморф.

Вегетативное и семенное размножение. При изучении ценопопуляций *Iris pumila* L. оценивались параметры отдельных элементов (организменный уровень) и системы в целом (популяционный уровень). Формирование скоплений разного уровня связано с эколого-ценотическими, эдафическими (крутизна склона, особенности почвенного субстрата), климатическими (выпадение осадков, температура воздуха, освещенность) и антропогенными факторами (выпас скота, сбор корневищ, распашка земель). О влиянии некоторых абиотических факторов на поведение и роль вегетативно-подвижных растений указывают ряд авторов [4, с. 1-9]. Нами замечено, что наибольшей плотностью характеризуются ценопопуляции ириса, приуроченные к пологим склонам балок. Здесь представлены скопления, состоящие из

взрослых генеративных особей, образующие за пределами скопления отдельные дочерние локусы I, II, III порядка, в которых насчитываются 5-12 особей разных возрастных групп.

По классификации Любарского Е.Л. [3, с. 143-144] ирису карликовому, как вегетивно-подвижному растению, больше характерна вегетативная оседлость и вегетативная подвижность, чем генеративная подвижность. Вегетативная оседлость дает растению возможность иногда десятками или сотнями лет удерживать одно и то же место в сообществе, постепенно разрастаться, приобретать, благодаря ветвлению, приросту корней и надземных побегов, высокую метаболическую и резервную (запасы питательных веществ) мощность, обеспечивать достаточно сильное влияние на другие организмы. Вегетативная подвижность, хотя и слабо, все же несколько увеличивает возможность попадания в несколько отличные экологические условия, что способствует большей экологической пластичности и приспособляемости к переменности условий. Чем сильнее выражена вегетативная подвижность, тем дальше позволяет растению отодвигать свое вегетативно-дочернее потомство от материнского организма.

Таким образом, можно предположить, что в благоприятных условиях ирису карликовому свойственна вегетативная подвижность, которая позволяет использовать большее пространство и переносить временные колебания климатических условий.

Плод *Iris pumila* L. формируется из нижней, трехгнездной, синкарпной завязи, в углу гнезд находятся семяпочки. Коробочка формируется из трех завернутых краями внутрь плодолистиков. На вершине коробочки находится тонкая нитевидная нить, оставшаяся от засохшего околоцветника, что является характерным признаком ириса карликового. По мере созревания плод опускается вниз и своим основанием касается поверхности земли. Окраска плода светло-зеленая до созревания семян. По мере созревания семян коробочка желтеет, истончается, сохнет и растрескивается по трем жилкам плодолистиков, ближе к

вершине плода. Созревшие семена выпадают через образовавшиеся щели.

В Калмыкии диссеминация у *Iris pumila* L. начинается в конце мая или начале июня (в зависимости от метеоусловий). Вес коробочки с семенами значительно варьирует – от 0,336 до 1,268 г. Вес семян составляет от 0,305 до 0,739 г. Длина семян варьирует в небольших пределах – от 1,8 мм до 2 мм в поперечнике. Распространение семян ветром (анемохория) и муравьями (мирмекохория) происходит при максимальном раскрытии коробочки по трещинам. При массовой вспышке численности насекомых, например, кузнечиков в июне 2011 г., было замечено, что ещё зеленые незрелые плоды повреждены наполовину, а семена все съедены. При изучении семенной продуктивности ириса карликового в течение 4-х лет обнаружено, что все популяции характеризуются стабильной потенциальной продуктивностью и низкой приживаемостью всходов. В экстремальных условиях пастбищного выпаса, в засушливом климате Калмыкии изменяется способ самоподдержания ценопопуляций *Iris pumila* L. от семенного к смешанному. В данных условиях преобладает вегетативная оседлость, происходит разрастание надземных побегов и уменьшение роли семенного потомства.

Морфологическая изменчивость. Анализ вариабельности морфологических вегетативных и продуктивных признаков показал, что наименее варьируемыми признаками являются высота цветоносного побега и длина околоцветника. Наиболее варьируемые признаки – длина и ширина второй листовой пластинки. Отличительным признаком *Iris pumila* L. в природных ценопопуляциях является значительное превышение цветоносного побега над листьями.

Высота генеративного побега колеблется от $17,35 \pm 1,53$ до $18,05 \pm 1,57$ см, длина второй листовой пластинки варьирует от $10,27 \pm 1,01$ до $12,74 \pm 3,41$ см, у имматурных особей – от $8,25 \pm 1,41$ до $9,61 \pm 1,62$. Ширина второй листовой пластинки варьирует от $0,98 \pm 1,87$ см у виргинильных особей, до $1,38 \pm 2,73$ см – у генеративных особей.

Исследование сезонного развития, малого и большого жизненного цикла *Iris pumila* L. в природных ценопопуляциях Республики Калмыкия показало, что возрастные спектры ценопопуляций соответствуют разным уровням естественного процесса развития популяций. Характерны динамические процессы, связанные с формированием новых скоплений вегетативных особей. Семенное возобновление ириса карликового на изученных площадках носит эпизодический характер и осуществляется при благоприятном стечении обстоятельств (наличие обильных осадков, способствующее возможности обсеменения, достаточное количество семян, низкая численность насекомых).

По мере возрастания пастбищной нагрузки в ценопопуляциях *Iris pumila* L. возрастает количество генеративных особей (g1-g3), молодые особи (j – im) исчезают, семенное возобновление практически отсутствует, преобладает вегетативная оседлость. Для сохранения особей *I. pumila* L. необходимо организовать охрану локальных участков фитоценозов на территории Республики Калмыкия в весенний период во время цветения первоцветов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бакташева Н.М. Флора Калмыкии и её анализ. – Элиста: Джангар, 2000. – 136 с.
2. Любарский Е.Л. Принципы и методы исследования морфоструктуры ценопопуляций // Структура ценопопуляций. – Казань: КГУ, 1975. – С. 3–16.
3. Любарский Е.Л. Экология вегетативного размножения высших растений. – Казань: КГУ, 1967. – С. 143–144.
4. Любарский Е.Л., Полуянова В.И. Структура ценопопуляций вегетативно-подвижных растений. – Казань: КГУ, 1984. – 140 с.
5. Мамаева Н.А. Сравнительный анализ морфологических и биологических признаков сортов садовых бородачатых ирисов (секция *Iris* рода *Iris* L.): дисс. ... канд. биол. наук. – М., 2008. – 141 с.
6. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3: Геоботаника. Вып. VI. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 7–204.
7. Редкие и исчезающие животные, растения и грибы Калмыкии / сост. В.М. Музаев, В.Г. Позняк, Н.М. Бакташева и др. – Элиста: Калм. ун-т, 2011. – 28 с.
8. Родионенко Г.И. Ирисы. – СПб.: Агропромиздат Диамант, 2002. – 189 с.
9. Родионенко Г.И. Новая система рода *Iris* (Iridaceae) // Бот. журнал. – 2009. – Т. 94 (№ 3). – С. 423–435.
10. Смирнова О.В. Принципы морфолого-функциональной организации различных фитоценозов на примере неморальных видов // Тезисы докл. VI делегатск. съезда ВБО. – Л.: Наука, 1978. – С. 131.
11. Уранов А.А. Вопросы изучения структуры фитоценозов и видовых ценопопуляций // Ценопопуляции растений. – М.: Наука, 1977. – С. 8–19.

УДК 579.

Колотилова Н.Н.

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ Д.М. НОВОГРУДСКОГО

N. Kolotilova

M.V. Lomonosov Moscow State University

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE INVESTIGATIONS OF D.M. NOVOGRUDSKY

Аннотация. Рассмотрена роль микробиолога Д.М. Новогрудского в развитии микробиологии почвы и микробной экологии. Его пионерские исследования микробного антагонизма нашли практическое применение в разработке метода бактеризации семян. Сохраняют интерес его работы по фильтрующимся формам бактерий, поглощению бактерий почвой, образованию аммиака азотобактером и др. Новогрудский внес значительный вклад в изучение микробных процессов в почвах полупустынь, а также первичного почвообразования и образования гумуса. Многие его работы идейно связаны с концепциями С.Н. Виноградского.

Ключевые слова: Д.М. Новогрудский, микробиология почвы, азотобактер.

Abstract. The role of microbiologist D.M. Novogradsky in the development of soil microbiology and microbial ecology is discussed. His pioneer works on the microbial antagonism in soil are mentioned. In practice they lead to the development of the bacterisation of seeds. His investigations of the filterable forms of bacteria, adhesion of bacteria by soil and production of ammonia by Azotobacter are still of great interest. His later works deal with the microbial processes in desert soils and the processes of the primary formation of soil and humus. Most his works are linked with the ideas of S.N. Winogradsky.

Key words: D.M. Novogradsky, soil microbiology, Azotobacter.

В 2013 г исполнилось 115 лет со дня рождения и 60 лет – со дня смерти крупного отечественного микробиолога, одного из основателей почвенной микробиологии в нашей стране, Давида Моисеевича Новогрудского (1898-1953). Научная деятельность Новогрудского приходится на 1930-40-е годы, один из самых драматических периодов в истории России, трагическим образом отразившийся и на судьбе ученого. Новогрудский родился в Варшаве. После окончания реального училища (1914 г.) он с 17 лет жил самостоятельным трудом, работая учителем естествознания в еврейских народных школах в Варшаве и Белостоке (1915-1920 гг.), затем – преподавателем на Еврейских педагогических курсах и в Еврейском педагогическом техникуме в Минске (1921-1924 гг.), а также преподавал биологию в Центральной Партийной школе БССР (1922-1924 гг.). В разные годы он был членом ряда политических партий: «Цукунфт» в Варшаве (1917-1919 гг.), Бунд (1919-1921 гг.), ВКП(б) (с 1920 г.).

Приехав в Москву, Новогрудский поступил (1924 г.) на физико-математический факультет МГУ, который закончил (1928 г.) по специальности «микробиология», защитив диплом у профессора Е.Е. Успенского. В 1929-1931 гг. он возглавлял микробиологическую лабораторию во ВНИИ каучука и гуттаперчи (ВНИКГ). Одновременно Новогрудский с 1930 г. преподавал на кафедре микробиологии МГУ в качестве ассистента, работал в должности научного сотрудника в НИИ Ботаники МГУ, а в 1933-1935 гг. заведовал лабораторией изменчивости и экологии бактерий в Микробиологическом институте МГУ (Наркомпроса). В 1935 г. Новогрудский был приглашен Г.А. Надсоном в недавно организованный Институт микробиологии АН СССР и возглавил отдел симбиоза и антагонизма микробов. В 1936 г. по совокупности работ

ему была присвоена ученая степень кандидата биологических наук¹.

24 февраля 1938 г. Новогрудский был арестован и сослан в Казахстан (Карлаг ОГПУ), где с 1940 г. работал на сельскохозяйственной опытной станции «Долинское», причем в 1945-1946 гг. заведовал лабораторией физиологии растений и микробиологии [19]. По окончании срока ссылки в конце 1946 г. он был приглашен в Институт почвоведения АН Казахской ССР в Алма-Ату, где возглавил отдел микробиологии, а также руководил научными темами сектора микробиологии АН КазССР. В 1948 г. им была защищена докторская диссертация по физиологии растений «К познанию водного режима однолетних злаков». По теме диссертации была подготовлена монография, но силою внешних причин ее издание не осуществилось. В 1951 г. Новогрудский был повторно арестован, а в 1953 г. жизнь его трагически оборвалась (посмертно реабилитирован в 1956 г.).

Направления научной деятельности Новогрудского разнообразны. Они были продиктованы как потребностями развития науки в стране, так и обстоятельствами жизни ученого. Новогрудский стоял у истоков развития ряда направлений почвенной и шире – экологической микробиологии, получивших в дальнейшем широкое развитие. В 1932 г. им была опубликована статья [8] о выделении микроорганизмов, разрушающих каучук, и условиях, способствующих эффективному протеканию процесса. Эта работа, смыкающаяся с работами В.О. Таусона по организмам, окисляющим углеводороды, была связана с потребностью в разработке методов получения отечественного каучука для химической промышленности.

Другой темой ранних исследований Новогрудского стало изучение взаимоотношений между азотобактером и денитрифицирующими бактериями, которое было проведено в связи с разработкой метода использования азотобактера в качестве тест-организма при определении потребности почвы в удобрениях (К, Р, Са). Среди причин так называемой

«неактивности» азотобактера были выявлены антагонистические взаимоотношения между азотобактером и подавлявшими его рост бациллами [18]. Эта работа положила начало исследованиям микробного антагонизма в почве, подводящего к проблеме антибиотиков.

Работы по изучению роли азотобактера в природе были прямым продолжением работ Н.С. Виноградского. Новогрудский сумел уловить выделение азотобактером аммиака, используя в качестве «химических реактивов» (по выражению Л. Пастера, а затем В.Л. Омелянского) бактерии с очень высоким сродством к аммиаку. Их рост свидетельствовал о появлении аммиака в среде. Эти работы также продемонстрировали кооперативные взаимодействия между почвенными бактериями [10]. Отдельно следует отметить изучение Новогрудским образования микроорганизмами ростовых веществ и их влияния на растения.

Исследования микробного антагонизма нашли продолжение в разработке микробиологических методов борьбы с бактериальными и особенно грибковыми заболеваниями растений (идея метода также уходит корнями в работы Пастера). Новогрудским были предложены методы бактеризации, т.е. обработки бактериями-антагонистами, семян льна и других растений для предохранения их от фузариоза и других болезней [2; 3; 9]. Этот прием широко применяется в сельскохозяйственной практике.

Важным направлением исследований Новогрудского стала интродукция в почву бактерий и изучение их судьбы (гибель, выживание, размножение и т.д.) [15]. С помощью стекол обрастания (модификации метода Н.Г. Холодного) Новогрудским были прослежены судьбы ряда бактерий, внесенных в почву (*Bacillus mycoides*, *Azotobacter chroococcum*, *Rhizobium leguminosarum*). Они оказались разными, свидетельствуя о сложности проблемы интродукции и необходимости ее изучения. Позднее подходы Новогрудского нашли продолжение в исследованиях динамики почвенных популяций, интродукции,

¹ Архив Российской академии наук. Ф. 583. Оп. 3. Д. 96.

инициации почвенной сукцессии, в частности, проводимых сегодня на кафедре биологии почв МГУ.

К числу сложных и широко дискутировавшихся проблем относятся вопросы о переходе некоторых микроорганизмов в особое физиологическое состояние, о фильтрующихся формах (например, *Azotobacter*) [7; 16], об адгезии и поглощении микробов почвой. Опираясь на физико-химические данные (например, pH, размеры почвенных частиц, насыщенность почвы водой), Новогрудскому удалось выявить ряд закономерностей (зависимость от структуры, дисперсности, комковатости почвы, ее состава и влажности) и объяснить причины неудач ряда современных ему исследователей в интерпретации результатов [4; 5]. Более того, результаты работы Новогрудского о поглощении бактерий почвой и их вымывании из нее оказались весьма полезны при исследовании причин появления землистого запаха в воде Москвы-реки. Эта работа проводилась в Институте микробиологии АН СССР на рубеже 1930-1940-х гг. в связи с проблемами, возникшими при расширении московского водопровода, питающегося речной водой.

Изменение направленности работ Новогрудского во второй (казахстанский) период жизни было обусловлено как внешними причинами, так и изменением климатической зоны. Объектом изучения стали почвы полупустынь [6]. Большое внимание было уделено влажности почвы: изучению количества почвенной влаги (гигроскопической, пленочной, гравитационной), определению предельной влажности, при которой возможен рост бактерий или ксерофильных грибов. В работах была использована классификация форм почвенной влаги, разработанная современником Новогрудского, репрессированным в начале 1930-х гг. крупным почвоведом и микробиологом А.Ф. Лебедевым.

После переезда в Алма-Ату Новогрудский продолжил работы по почвенной микробиологии. Так, им была разработана оригинальная методика учета грибов и актиномицетов путем высева мелкозема на голодный агар

[11]. Некоторые работы этого периода были закончены сотрудниками Новогрудского и опубликованы после его смерти. К ним относится способность выявлять азотобактер (с помощью грибного мицелия, по которому он разрастается), влияние структурного состава почвы на активность микробов [14; 17]. В статьях обсуждается ряд вопросов экологии микроорганизмов, сохраняющих интерес и сегодня.

В Алма-Ате Новогрудский активно включился в исследования первичного почвообразования на скальных породах, которые проводились им совместно с геологами и географами (М.А. Глазовской, И.А. Ассинг) и первичного образования гумуса [1]. Эта тема имеет непреходящее значение в плане эволюции биосферы, завоевания микроорганизмами суши. Она вызывает глубокий интерес и теперь. Академик Г.А. Заварзин (1933-2011) акцентировал на ней внимание, сформулировав постановку проблемы выхода микробных сообществ на сушу, колонизации суши микроорганизмами (в рамках программы Президиума РАН по эволюции биосферы и происхождению жизни на Земле).

В Алма-Ате Новогрудским было задумано трехтомное фундаментальное руководство по почвенной микробиологии. Осуществить этот замысел он не успел, написав лишь первый том [12]. Посмертно была издана и его книга о гумусе [13]. Оригинальные и глубокие, эти труды интересны и сегодня. Особое место в наследии Новогрудского занимают работы по истории науки, посвященные жизни и творчеству П.А. Костычева, Ф. Каменского, С.Н. Виноградского. Следует упомянуть, что вместе с Е.Е. Успенским (также репрессированным в 1938 г.) Новогрудский был ответственным редактором журнала «Микробиология» и играл определенную роль в научно-организационной и идеологической жизни страны.

Исследования Новогрудского предвосхищали такие направления микробной экологии, как исследования антагонизма почвенных микроорганизмов и его практическое применение; изучение микробов почвы без

отрыва от естественных условий их обитания и др. Последнее направление особенно тесно связано с традициями классиков микробиологии почвы Н.Г. Холодного и С.Н. Виноградского.

Необходимо выразить признательность Е.Д. Новогрудской и М.Ф. Дороховой за предоставленную информацию.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ:

1. Глазовская М.А. Воспоминания о Давиде Моисеевиче Новогрудском // Вопросы истории естествознания и техники. – 2012. – № 1. – С. 141–145.
2. Новогрудский Д.М. Антагонистические взаимоотношения у микробов и биологические методы борьбы с грибковыми заболеваниями культурных растений // Успехи современной биологии. – 1936. – Т. 5. (№ 3). – С. 509–536.
3. Новогрудский Д.М. Использование микробов в борьбе с грибковыми заболеваниями культурных растений // Известия АН СССР. – 1936. – С. 277–293.
4. Новогрудский Д.М. Исследования о способности почв поглощать бактерии. III О сезонных изменениях способности почв поглощать бактерии // Микробиология. – 1937. – Т. 6. (№ 5). – С. 571–581.
5. Новогрудский Д.М. Исследования по способности почв поглощать бактерии. I. Распределение микроорганизмов между твердой и жидкой фазами почвы // Микробиология. – 1936. – Т. 5. (№ 5). – С. 364–384.
6. Новогрудский Д.М. Микробиологические процессы в почвах полупустынь. II. Нижний предел почвенной влаги для жизнедеятельности бактерий // Микробиология. – 1946. – Т. 15. (№ 6). – С. 479–483.
7. Новогрудский Д.М. Невидимые формы видимых бактерий (обзор) // Микробиология. – Т. 2. (№ 4). – С. 377–402.
8. Новогрудский Д.М. О бактериальном разрушении каучука // Микробиология. – 1932. – Т. 1. (№ 4). – С. 413–421.
9. Новогрудский Д.М. О *Rytonema confluens* и ее взаимоотношениях с почвенными микроорганизмами // Бюллетень МОИП. – 1936. – Т. 16. – С. 384–401.
10. Новогрудский Д.М. Об азотистых продуктах в культурах азотобактера и его взаимоотношениях с другими почвенными микробами // Микробиология. – 1933. – Т. 2. (№ 3). – С. 237–250.
11. Новогрудский Д.М. Определение численности грибов и актиномицетов в почве путем непосредственного высева почвенного мелкозема // Микробиология. – 1947. – Т. 16. (№ 6). – С. 492–497.
12. Новогрудский Д.М. Почвенная микробиология. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1956. – 402 с.
13. Новогрудский Д.М. Почвенный гумус и микробиологические факторы его образования. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1959. – 96 с.
14. Новогрудский Д.М., Карайгушиева Д. Новые данные к биологии азотобактера в почвах // Микробиология. – 1957. – Т. 26. (№ 6). – С. 750–755.
15. Новогрудский Д., Кононенко Е., Рыбалкина А. Изменения бактерий после внесения их в почву // Известия АН СССР. – 1936. – С. 1088–1110.
16. Новогрудский Д., Мессинева М. Невидимые формы почвенных бактерий // Микробиология. – 1934. – Т. 3. – С. 470–485.
17. Новогрудский Д.М., Митрофанова Н.С. Влияние структурного состояния почвы на ход некоторых микробиологических процессов // Труды Института микробиологии и вирусологии. – 1958. – Т. 27. (№ 1). – С. 12–24.
18. Новогрудский Д.М., Наумова А. О причинах «неактивности» азотобактера // Микробиология. – 1932. – Т. 1. (№ 2). – С. 180–191.
19. Почвоведы – исследователи природы Казахстана. Научно-биографический справочник / сост. А.А. Науменко и др. – Алматы: Китап, 2007. – С. 190–191.

УДК 582.28.631

Маилова Т.Б.

Институт ботаники НАН Азербайджана (г. Баку)

ДАННЫЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ РОДА SEPTORIA FR. НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КAVKAZA

T. Maïlova

Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku

RESULTS OF THE STUDY OF SEPTORIA FR. GENUS ON A SOUTHERN SLOPE [GREATER CAUCASUS] OF AZERBAIJAN

Аннотация. Микологическая флора южных склонов до настоящего времени изучена неполно, и в статье приведены результаты планомерного изучения микобиоты высших растений по семейству *Rosaceae* Juss. Среди несовершенных грибов исследования видов рода *Septoria* Fr. вызывают особый интерес, так как эти грибы широко распространены в природе и являются возбудителями заболеваний сельскохозяйственных, плодово-ягодных и других растений, в сильной степени поражают живые листья, а иногда и стебли. Впервые на растениях из семейства *Rosaceae* были обнаружены 10 новых видов грибов рода *Septoria* Fr. Из них 5 видов (*Septoria amygdali*, *S.cerasi*, *S.cydoniicola*, *S.mespili*, *S.sorbi*) – оказались новыми для Азербайджана.

Ключевые слова: флора, микобиота, семейство *Rosaceae*, род *Septoria* Fr., Азербайджан.

Abstract. Taking into account the fact that there has been no systematic research of mycological flora of the Southern slope of Azerbaijan till now, we have studied mycological biota of higher plants of the *Rosaceae* Juss. family. Among the *fungi imperfecti* also known as *Deuteromycota*, the species of *Septoria* Fr. Genus are of special interest as they are widely spread in the wild and are causative agents of diseases of agricultural, fruit-berry and other plants: They strongly affect live leaves and sometimes even stalks. On the plants of the *Rosaceae* family, 10 new species of fungi of *Septoria* Fr. Genus have been found for the first time. Five species (*Septoria amygdali*, *S.cerasi*, *S.cydoniicola*, *S.mespili* and *S.sorbi*) are new for Azerbaijan.

Key words: plants, genus, family, fungi.

При изучении микологической флоры южных горных склонов Габалинского, Исмаиллинского и Шемахинского районов Азербайджана в 2004–2008 гг. были проложены исследовательские маршруты. В основе работы лежат материалы, собранные нами во время маршрутных обследований, а также материалы, хранящиеся в Институте ботаники АН Азербайджана и критически обработанные литературные данные [1; 3; 4; 7; 8]. При обработке собранных гербарных материалов было выявлено, что пикнидиальные грибы, которые являются самой распространенной группой несовершенных грибов южного склона в Азербайджане, отличаются обилием видового состава. Среди пикнидиальных грибов род *Septoria* по видовому составу является наиболее обширным, но относительно слабо изученным.

Наиболее полная сводка видов рода *Septoria* имеется у П.А.Саккардо [14]. Представители данного рода сравнительно хорошо были изучены в Центральной Европе Аллешер [11], Дидике [12], Гров [13], Марланд [5], Ячевским [10] и др. Для Кавказа обширные работы, посвященные роду грибов *Septoria*, были проделаны со стороны М.С.Мелиа в Грузии [6], а в Азербайджане мы находим сведения о них в работах Н.А. Мехтиева по Куба-Хачмасской зоне, где отмечен 31 вид [7; 8], Б.Ф.Гусейновой – по Нагорному Карабаху – 110 видов [3; 4], Т.М.Ахундова – по Нахичеванской АР – 64 вида [1] этого рода. Из литературных данных [1; 3; 4; 7; 8] выявленные виды грибов относились к представителям *Apiaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae*. Однако очень мало сведений по семейству *Rosaceae*, в котором широкое распространение имели виды *Septoria piricola*, *S.rubi*, *S.rosa*.

Методы и материалы

Целью нашей работы являлось выявление видового состава рода *Septoria* на южном склоне Азербайджанского Кавказа по семейству Rosaceae, их распространение по территории в зависимости от экологических факторов, сезонности развития, установления наиболее вредоносных видов. При обработке собранных гербарных материалов применяли общепринятые методы микологических исследований. В частности, микроскопирование (Motic DMWB 1223 ASC). В ряде случаев применяли метод «влажной камеры». Обработка гербарного материала проводилась в Отделе низших растений. При идентификации грибов были использованы определители отечественных и зарубежных авторов [2; 9; 10].

Результаты и обсуждения

Исследования показали, что климат региона играет большую роль при развитии грибов рода *Septoria*. Появление видов этого рода зависит главным образом от растения-хозяина и экологических факторов. Виды рода появляются весной к концу апреля или началу мая. С конца мая до конца июня развитие усиливается. Массовое развитие начинается в начале июля и продолжается до ноября. Опыты показали, что появление и развитие видов рода *Septoria* на различных растениях происходило в разное время. Так, например, на листьях *Rosa canina* и *Fragaria vesca* впервые появление было отмечено в июне месяце, причем наблюдались незрелые пикниды, и только в августе были отмечены зрелые пикниды. На листьях *Mespili germanica* и *Cydonia oblonga* появление пикнидов наблюдались с июня и зрелые пикниды были отмечены в конце сентября. Массовое развитие пикнид на листьях *Amygdalus communis*, *Cerasus vulgaris*, *Sorbus caucasica* начинается с августа и продолжается до ноября месяца. Затем пораженные листья опадают и осенний листопад создает среду для сохранения грибов в растительных остатках (с переходом в сумчатую стадию).

Найденные нами виды рода *Septoria* имеют значительные отличия от изначальных

описаний, так размеры пикнидов оказались меньших размеров в диаметре, чем ранее описанные. Интересное явление отмечено у *Septoria fragaria*, *S.rosa*, *S.sorbi*. Размеры пикнидов на листьях *Fragaria vesca*, *Rosa canina*, *R.multiflora*, *Amygdalus communis* не превышали 100 мк, а на листьях *Sorbus caucasica*, *Pyrus caucasica* – 150 мк в диаметре. Ниже дается список видов грибов рода *Septoria*, найденных на южном горном склоне по семейству Rosaceae, описания грибов, их растения-хозяина, место нахождения и даты регистрации. Во время определения были использованы отечественные и зарубежные литературные определители [2; 9-11;14].

***Septoria sorbi* Lasch.** Пятна коричневые, пикниды на верхней стороне листьев, темно бурые, шаровидные, 90-150 мк в диаметре. Конидии нитевидные, с 2-3 перегородками, 50-60 x 3-4 мк в диаметре. На листьях *Sorbus caucasica* L. М.н. Габала, с. Бум. 25.08.2005; Шемаха приус.уч. 14.07.2005.

***Septoria rosa* Desm.** Пятна мелкие, темно-бурые, бледнеющие до серых с пурпурной каймой. Пикниды на верхней стороне листьев, черные, слегка приплюснутые, до 100 мк в диаметре. Конидии цилиндрические, на концах притупленные. 70-90 x 3,5-4 мк, с 4-5 перегородками. Наблюдались 5 капель масла, бесцветные. На листьях *Rosa canina* L., *R.multiflora* Thunb., Габала, с. Солтаннуха, 10.08.2005.

***Septoria fragaria* Desm.** Пятна темно-коричневые с красно-коричневой каймой, в центре бледнеющие. Пикниды на верхней стороне листьев, светло-кирпичные, 90-100 мк в диаметре. Конидии цилиндрические с перегородками, 20-25 x 3-5 мк в диаметре. На листьях *Fragaria vesca* L., Габала, посев, 10.06.2005; Исмаиллы, низм. 15.06.2005; Шемаха, посев 28.06.2006.

***Septoria mespili* Sacc.** Пятна бурые с красной каймой. Высыхают, после высыхания почти охряные. Конидии цилиндрические, сверху слегка согнутые, 25-30 x 1,5 мк в диаметре. На листьях *Mespili germanica* L., Габала, приус.уч., 14.08.2004.

***Septoria cydoniicola* Thuem.** Пятна бледно-серые с темной каймой. Пикниды на верхней

стороне листьев, бледные, мелкие, шаровидные, разбросанные. Конидии цилиндрические, 10-14 x 2,5 мк, с 2-3 перегородками. На листьях *Cydonia oblonga* Mill., Габала, с.Бум, приус.уч. 2.08.2004; Исмаиллы приус.уч. 12.07.2005.

Septoria tormentillae Rab.et.Desm. Пятна беловатые с розовой каймой, неправильные, продолговатые. Пикниды на верхней стороне листьев, шаровидные и приплюснутые, 50-110 мк в диаметре. Конидии нитевидные, слегка изогнутые, 25-55 x 1,5-2 мк. с капельками масла. На листьях *Potentilla recta* L., Исмаиллы, низмен., 15.06.2005.

Septoria cerasi Pass. Пятна ярко-красные, мелкие, рассеянные. Пикниды по середине листьев. Конидии нитевидные, одноклеточные, бесцветные, 15-30 x 1,5-2 мк в диаметре. На листьях *Cerasus vulgaris* Mill., С.аустера (L.) Rolm. Габала, приус.уч., 14.07.2005; Шемаха, Чухур-юрд, приус.уч., 10.07.2006.

Septoria rubi (West) Sacc. Пятна бледно-коричневые, плавно переходящие в белые с пурпурной каймой. Пикниды на верхней стороне листьев, шаровидные, 80-100 мк в диаметре. Конидии нитевидные согнутые, 40-50 x 1,5-2 мк с невнятыми перегородками. На листьях *Rubus caesius* L., *R.tomentosus* Borkh., *R.candicans* Weihe., Габала, низмен., 20.08.2004; Исмаиллы, 24.08.2004; Шемаха, 20.07.2005.

Septoria piricola Desm. Пятна беловатые или бледно-бурые, мелкие, угловатые, иногда округлые, с темно-коричневой каймой. Пикниды на обеих сторонах листьев, шаровидные, светло-коричневые, 100-150 мк в диаметре. Конидии нитевидные, согнутые, светло-оливковые, с двумя перегородками, 40-65 x 2-3,5 мк. Конидиеносцы 10 x 1 мк. На листьях *Pyrus caucasica* An.Fed., *P.communis* L., *P.serotina* Rehd. Габала, приус.уч., 18.08.2007; Исмаиллы, 20.09.2006; Шемаха, приус.уч. 2.10.2006.

Septoria amygdali Woronich. Пятна бурые с пурпурной каймой, мелкие, округлые, раз-

бросанные по всему листу. Пикниды разбросанные, 80-100 мк в диаметре. Конидии нитевидные без перегородок, бесцветные, 20-25 x 1,5-2 мк. На листьях *Amygdalus communis* L. Габала, с Солтаннуха, приус.уч., 19.08.2006; Шемаха, приус.уч. 12.07.2005.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ахундов Т.М. Микофлора Нахичеванской АССР. – Баку: Элм, 1979. – 164 с.
2. Горленко С.В. Определитель болезней цветочно-декоративных растений. – М.: Урожай, 1969. – 153 с.
3. Гусейнова Б.Ф. Некоторые предварительные материалы по изучению рода *Septoria* в Азербайджане // Материалы Закавказской конференции по спорным растениям. – Баку: Изд-во АН АзССР, 1965. – С. 195.
4. Гусейнова Б.Ф. Виды рода *Septoria* в Азербайджане // Материалы V конференции по низшим растениям Закавказья. – Баку: Элм, 1979. – С. 137-138.
5. Марланд А.Т. Критический обзор рода *Septoria* применительно к флоре Эстонии // Учен. записки Тартуского государственного университета. Вып. 4: биологические науки. – Тарту: ТарГУ, 1948. – С. 223-225.
6. Мелиа М.С. Неизвестные представители рода *Septoria* в микофлоре Грузинской ССР // Труды Института защиты растений Груз. ССР. Вып. VIII. – Тбилиси: ИЗР, 1952. – С. 151-154.
7. Мехтиева Н.А. Новые виды пикнидиальных грибов из Азербайджана // Ботанические материалы отдела спорных растений. Ботанический институт им. В.Л. Комарова. Т.XV. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 237-241.
8. Мехтиева Н.А. Микромицеты, обнаруженные в районах Большого Кавказа Азерб. СССР / Экологические и физиологические особенности микроорганизмов. Баку: Изд. «Элм», 1979. – С. 110-142.
9. Пидопличко Н.М. Определитель: грибы-паразиты культурных растений. Т.3. Пикнидиальные грибы. – Киев: Наукова думка, 1978. – 276 с.
10. Ячевский А.А. Определитель грибов. Т.2. Несоввершенные грибы / 2-е изд. расшир. и перераб. – СПб: [б.и.], 1917. – 803 с.
11. Fungal Databases. Nomenclature and Species Banks [сайт] .URL: [http:// www.mycobauk.org](http://www.mycobauk.org) (дата обращения: 26.09.2013 г.)

УДК [615.322:582.711.712]:547.587.52.06:543.544.5.068.7

Мелик-Гусейнов В.В., Герасименко С.В.
Пятигорский медико-фармацевтический институт

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА ОДНОЛЕТНЕГО (ASTERACEAE)

V. Melik-Gusseinov, S. Gerasimenko
Pyatigorsk Medico-Pharmaceutical Institute

IDENTIFICATION OF THE PHENOL COMPOUNDS IN THE ROOTS OF HELIANTHUS ANNUUS L. (ASTERACEAE)

Аннотация. В подземных органах подсолнечника однолетнего – *Helianthus annuus* L. (Asteraceae), собранных во время цветения в Предгорном районе Ставропольского края, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) установлено наличие 13 фенольных соединений, а в фазе созревания семян (после уборки урожая подсолнечника) – 10. Среди них группа оксикоричных кислот и их производных (хлорогеновая, неохлорогеновая, кофейная, феруловая), флавоноиды (рутин, гиперозид, лютеолин-7-глюкозид, апигенин, ди-гидрокверцетин, нарингенин), кумарин, а также высокомолекулярные полифенолы – таннин, галловая и эллаговая кислоты, эпикатехин, эпигалокатехингаллат (ЭГКгаллат).

Ключевые слова: подсолнечник однолетний, корни и корневища, высокоэффективная жидкостная хроматография, фенольные соединения.

Abstract. Using high-performance liquid chromatography we have found that the roots of *Helianthus annuus* L. (Asteraceae), gathered during the blooming period in Predgorny District of Stavropol Krai, contain 13 phenol compounds, and during the phase of seed ripening (after sunflower harvesting) the roots contain 10 phenol compounds, among which there is a group of oxycinnamic acids and their derivatives (chlorogenic, neochlorogenic, caffeic and ferulic acids) as well as flavonoids (rutin, hyperoside, luteolin-7-glycoside, apigenin, dihydroquercetin, naringenin), coumarin and high-molecular polyphenol compounds (tannin, gallic and ellagic acids, epicatechin, epigallocatechin gallate).

Key words: *Helianthus annuus* L., roots and rhizomes, high-performance liquid chromatography, phenol compounds.

Подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus* L.) представляет собой одну из ведущих масличных культур в нашей стране, широко культивируемую на юге России [1]. Сочетание значительных запасов сырья в виде многотоннажных отходов сельскохозяйственной продукции, использования подземных органов в народной медицине, а также отсутствие данных о химическом составе и биологической активности корней растения, послужило предпосылкой для проведения настоящего исследования [2].

Растительный материал (корневища с корнями) был собран в Предгорном районе Ставропольского края в двух фазах вегетации – во время цветения и в фазу созревания семян (после уборки урожая подсолнечника). Собранное сырьё очищали от почвы, нарезами, сушили в проветриваемом помещении в течение 7 дней, затем выдерживали в течение 30 минут при 115...120°C, после чего измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм по (ГОСТ 214-83) [3].

Для получения растительного экстракта 10.0 г лекарственного сырья помещали в колбу вместимостью 250 мл, прибавляли 50 мл спирта этилового 70 %, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 1 часа с момента закипания спиртоводной смеси в колбе. После охлаждения смесь фильтровали через бумажный фильтр

в мерную колбу объемом 100 мл и доводили спиртом этиловым 70 % до метки (исследуемый раствор).

Изучение качественного состава фенольных соединений проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе фирмы «GILSTON» (модель 305, Франция), с использованием инжектора ручной модели RHEODYNE 7125 (США) с последующей компьютерной обработкой результатов исследования с помощью программы Мультихром для Windows.

В качестве неподвижной фазы была использована металлическая колонка размером 4,6x250 мм Kromasil C 18, размер частиц 5 микрон. В качестве подвижной – метанол-вода-фосфорная кислота концентрированная – тетрагидрофуран, в соотношении 370:570:5:60. Анализ проводили при комнатной темпера-

туре. Скорость подачи элюента 0,8 мл/мин. Продолжительность анализа 60 мин. Детектирование проводилось с помощью УФ-детектора «GILSTON» UV/VIS (модель 151), при длине волны 254 нм.

Параллельно готовили серию 0,05 % эталонных растворов сравнения в 70% спирте этиловом: рутин, кверцетин, лютеолин, лютеолин-7-глюкозида, кемпферола, кумарина, гиперозида, геспередина, апигенина, дигидрокверцетин, нарингина, галловой, кофейной, хлорогеновой, неохлорогеновой, коричной, феруловой кислот, танина, эпикатехина, эпигалокатехингаллата, дикумарина. По 20 мкл исследуемых растворов и растворов сравнения вводили в хроматограф и хроматографировали в выше приведенных условиях. Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1 и 2:

Таблица 1

**Результаты идентификации фенольных соединений корней
подсолнечника однолетнего во время цветения (водно-спиртовое извлечение)**

№	Время мин	Высота mV	Площадь mV*сек	ФО	Конц. %	Название
1	3,037	6,30	60,13	1,000	3,20	таннин
2	3,397	15,92	389,51	1,000	20,75	галловая к-та
3	3,991	7,41	85,59	1,000	4,56	неидентифицир.
4	4,163	7,04	115,24	1,000	6,14	неидентифицир.
5	4,522	5,15	79,83	1,000	4,25	ЭГКгаллат
6	4,873	6,93	359,95	1,000	19,18	хлорогеновая к-та
7	6,08	3,48	133,31	1,000	7,10	эпикатехин
8	7,044	2,94	64,09	1,000	3,41	кофейная к-та
9	7,299	3,18	79,83	1,000	4,25	неидентифицир.
10	7,833	2,94	71,64	1,000	3,82	неидентифицир.
11	8,339	4,58	182,64	1,000	9,73	неидентифицир.
12	9,458	1,00	60,83	1,000	3,24	неохлорогеновая к-та
13	11,32	0,81	53,26	1,000	2,84	дигидрокверцетин
14	12,36	0,32	15,21	1,000	0,81	апигенин
15	16,59	1,46	79,57	1,000	4,24	кумарин
16	17,84	0,18	29,90	1,000	1,59	лютеолин-7-глюкозид
17	19,35	0,17	10,36	1,000	0,55	гиперозид
18	23,87	0,12	6,00	1,000	0,32	рутин
18	49,28	69,92	1876,91	0,050	100,00	

Таблица 2

**Результаты идентификации фенольных соединений корней
подсолнечника однолетнего после сбора урожая (водно-спиртовое извлечение)**

№	Время мин	Высота mV	Площадь mV*сек	ФО	Конц. %	Название
1	3,067	12,05	115,68	1,000	3,67	таннин
2	3,43	25,25	367,48	1,000	11,64	галловая к-та
3	3,696	12,62	82,83	1,000	2,62	неидетифицир.
4	3,798	12,59	139,73	1,000	4,43	неидетифицир.
5	4,069	11,50	163,94	1,000	5,19	неидетифицир.
6	4,339	15,65	235,23	1,000	7,45	неидетифицир.
7	4,592	10,31	129,49	1,000	4,10	ЭГКгаллат
8	4,889	11,52	529,37	1,000	16,77	хлорогеновая к-та
9	6,09	4,48	131,65	1,000	4,17	эпикатехин
10	7,06	6,88	290,54	1,000	9,21	кофейная к-та
11	7,798	3,41	87,10	1,000	2,76	неидетифицир.
12	8,364	5,87	223,44	1,000	7,08	неидетифицир.
13	9,583	3,07	164,02	1,000	5,20	неохлорогеновая к-та
14	10,89	3,19	112,42	1,000	3,56	неидетифицир.
15	11,51	2,60	126,68	1,000	4,01	дигидрокверцетин
16	13,7	0,53	16,44	1,000	0,52	неидетифицир.
17	14,65	2,74	141,90	1,000	4,50	неидетифицир.
18	16,59	0,37	15,38	1,000	0,49	кумарин
19	18,45	0,29	10,96	1,000	0,35	неидетифицир.
20	20,22	1,01	71,75	1,000	2,27	нарингин
20	80,2	145,93	3156,03	0,050	100,00	

Таким образом, в корнях и корневищах подсолнечника однолетнего, собранном во время цветения, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) установлено наличие 13 фенольных соединений и в фазе созревания семян (после уборки урожая подсолнечника) – 10, среди них группа оксикоричных кислот и их производных (хлорогеновая, неохлорогеновая, кофейная, феруловая), флавоноиды (рутин, гиперозид, лютеолин-7-глюкозид, апигенин, дигидрокверцетин, нарингенин), кумарин, а также высокомолекулярные полифенолы – таннин, галловая и эллаговая кислоты, эпигалокатехингаллат (ЭГКгаллат), эпикатехин.

Причём в сырье, собранном в фазу цветения, преобладают фенольные соединения класса флавоноидов и оксикоричных кислот, в более позднюю фазу – высокомолекулярные полифенолы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вавилов П.П., Балышев Л.Н. Полевые сельскохозяйственные культуры СССР. – М.: Колос, 1984. – С. 108–109.
2. Мелик-Гусейнов В.В. Атлас растений. Растения в народной медицине России и сопредельных государств. – Пятигорск: СНЕГ, 2011. – 607 с.
3. Справочник по заготовкам лекарственных растений. – Изд. 5-е, испр. и доп. – Киев: Урожай, 1986. – 280 с.

УДК 574+(556.115:579+556.555.6)

Мурадов С.В.

*Научно-исследовательский геотехнологический центр
Дальневосточного отделения РАН (г. Петропавловск-Камчатский)*

ВОССТАНОВЛЕНИЕ САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ КОНДИЦИЙ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ В ПРОЦЕССАХ РЕГЕНЕРАЦИИ И АКТИВАЦИИ

S. Muradov

*Geotechnological Scientific Research Center,
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky*

SANITARY-MICROBIOLOGICAL DEFECT OF THERAPEUTIC MUD IN THE PROCESSES OF REGENERATION AND ACTIVATION

Аннотация. Приводятся данные о длительной санитарно-микробиологической некондиционности лечебной грязи озера Утиное, связанное с антропогенным воздействием, а также неоднородностью донных отложений. Обозначено снижение уровня загрязненности в пробах 2004–2012 гг. Определяется эффективность регенерации в буртах грязехранилища и в процессе активации. Установлена минимальная длительность регенерации некондиционной лечебной грязи в процессе хранения, равная 4 месяцам, активация пелоида осуществляет этот процесс менее чем за одни сутки. Механизмом очищающего действия показано микробное сообщество, изменяющее химический состав грязевого раствора.

Ключевые слова: лечебная грязь, пелоид, общее микробное число, титр, загрязнение, минерализация, регенерация, активация, кондиция.

Abstract. We report the data on the long-term sanitary-microbiological defect of the therapeutic mud in lake Utinoye, which is caused by the anthropogenic influence along with inhomogeneity of bottom deposits. It is found that the specimens take in 2004–2012 show a decrease in the pollution level. Regeneration efficiency in the clamps of mud depository and in the process of activation is determined. It is established that minimum regeneration time of the defect therapeutic mud in the process of its storage equals 4 months, peloid activation goes through the same process less than in a day. The mechanism of the cleaning effect is shown as a microbial community changing the chemical composition of the mud solution.

Key words: therapeutic mud, peloid, total microbial number, titer, pollution, mineralization, regeneration, activation, condition.

Многочисленные исследования донных отложений и питающих вод оз. Утиное [1–2; 5–8; 10] показали их несоответствие санитарно-бактериологическим требованиям, предъявляемым к лечебным грязям. Настоящая работа посвящается анализу сравнительной эффективности методов, способствующих восстановлению санитарных кондиций лечебной грязи. Микробиологические исследования проводились следующими методами: показатели коли-титра устанавливались бродильным методом с использованием универсальной накопительной лактозно-пептонной среды (ЛПС), среды Эндо и полужидкой среды с глюкозой; титр-перфрингенс, определяемый высевом грязевых разведений на среду Китт-Тароци и на обезжиренное молоко. Для определения титра синегнойной палочки использовались последовательно среды ЛПС, «Блеск», Кинг-А и СФ. Стафилококк золотистый определялся на пептонной среде с хлоридом натрия и последующим пересевом на желчно-солевой агар. Аэробные сапрофиты определялось на мясо-пептонном агаре (МПА). В опыте с активацией лечебной грязи (прогревание 20–25°C, перемешивание 150 об/мин, разжижение водой до

60%), производилось инфицирование грязи. Количество бактериального материала, внесенного в опытные грязи, рассчитывалось по оптическому стандарту мутности и проверялось высевом десятичных разведений грязевой суспензии на соответствующие каждому микроорганизму селективные питательные среды [9; 11]. Процессы регенерации и активации грязей сопровождалось проведением

санитарно-бактериологических, микробиологических и физико-химических исследований (табл. 1).

Санитарно-бактериологические анализы грязей выполнялись в день отбора проб, в двойной повторности по следующей схеме: перед инфицированием, через сутки после него, затем через каждые 15 суток, а также через 5, 10, 15 часов при активации (рис. 1, 2).

Таблица 1

Физико-химические показатели лечебных грязей оз. Утинное до и после процессов регенерации и активации (прогрев, перемешивание, разжижение)

Показатель	Перед регенерацией	После регенерации	Перед активации	После активации
Сопротивление сдвигу, дин/см ²	7198	300	2700	400
Eh раствора	-85	-140	-90мВ	-135мВ
pH раствора	7,5	7,5	5,6	7,6
Общая минерализация, г/л	4,8	2,7	5,0	2,6
Формула химического состава грязевого раствора	SO ₄ 82 Cl 17 Ca 55 (Na+K) 38	SO ₄ 65 Cl 27 (Na+K) 52 Ca 43	SO ₄ 82 Cl 17 Ca 59 (Na+K) 35	SO ₄ 57 Cl 28 HCO ₃ 15 (Na+K) 53 Ca 39

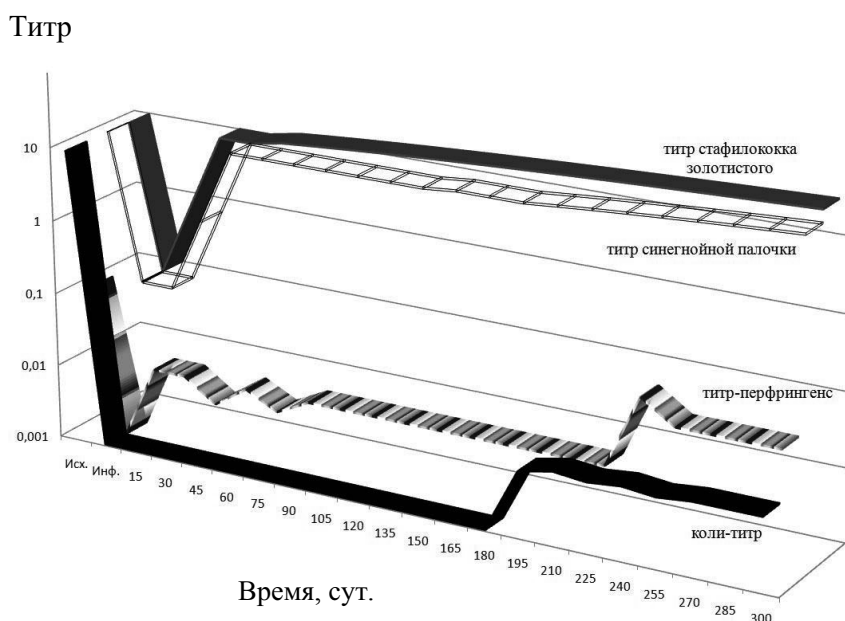


Рис. 1. Динамика санитарно-бактериологических показателей лечебных грязей оз. Утинное в процессе их регенерации после инфицирования (исходный уровень *Escherichia coli* и *Clostridium perfringens* соответствует нормам)

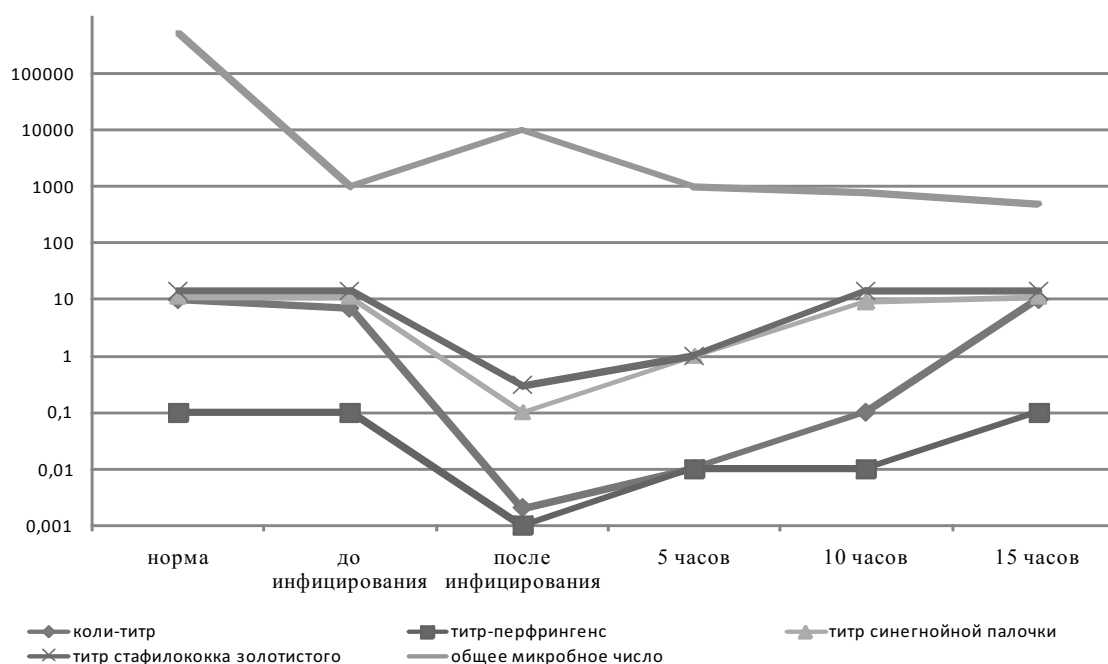


Рис. 2. Динамика выживаемости *Escherichia coli* и *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* при активации лечебной грязи оз. Утиное

Динамика развития физиологических групп микроорганизмов в грязях с инфицированием контролировалась проведением микробиологических анализов в следующие сроки: до инфицирования грязей, через 15, 30, 45, 60 дней и после нормализации их санитарно-бактериологических показателей, а в опыте с активацией грязи – через 5, 10, 15 часов. Исследовалась численность микроорганизмов, осуществляющих круговорот азота, углерода, серы, железа и участвующих в формировании пелоидов. Определялись гнилостные аэробы и анаэробы, нитрифицирующие и денитрифицирующие, маслянокислые, целлюлозоразлагающие аэробы и анаэробы, сульфатредуцирующие и тионовые, железоокисляющие, актиномицеты и плесневые грибы (рис. 3).

Для характеристики потенциальных возможностей грязей к самоочищению в обоих опытах определялись их антимикробные свойства по отношению к кишечной палочке (*Escherichia coli*), клостридиям (*Clostridium perfringens*), стафилококку золотистому (*Staphylococcus aureus*) и синегнойной палочке (*Pseudomonas aeruginosa*). Выяснение сроков

самоочищения грязей от вышеуказанных бактерий осуществлялось инкубированием в грязехранилище и активацией. По данным [10], коли-титр и титр-перфрингенс добытой в озере лечебной грязи достигают требуемого уровня через 4 месяца при пассивном инкубировании в грязехранилище. Такие же результаты были получены при активации лечебной грязи в другом масштабе времени – 5, 10, 15 ч.

Более убедительные данные о сроках регенерации и самоочищения грязей оз. Утиное могли быть получены при искусственном инфицировании пелоида санитарно-показательными и патогенными микроорганизмами музейных культур. С этой целью хранящиеся в полиэтиленовой емкости при температуре 20-22°C добытые грязи инфицировались и подвергались анализу их санитарно-бактериологических показателей через каждые 30 дней на протяжении 300 дней (рис. 1).

На рис. 1, 2 и табл. 1 отражены результаты всех видов исследований, проведенных в опытах с искусственным инфицированием грязей. Закономерности изменений спектра специфического, формирующего сообщества

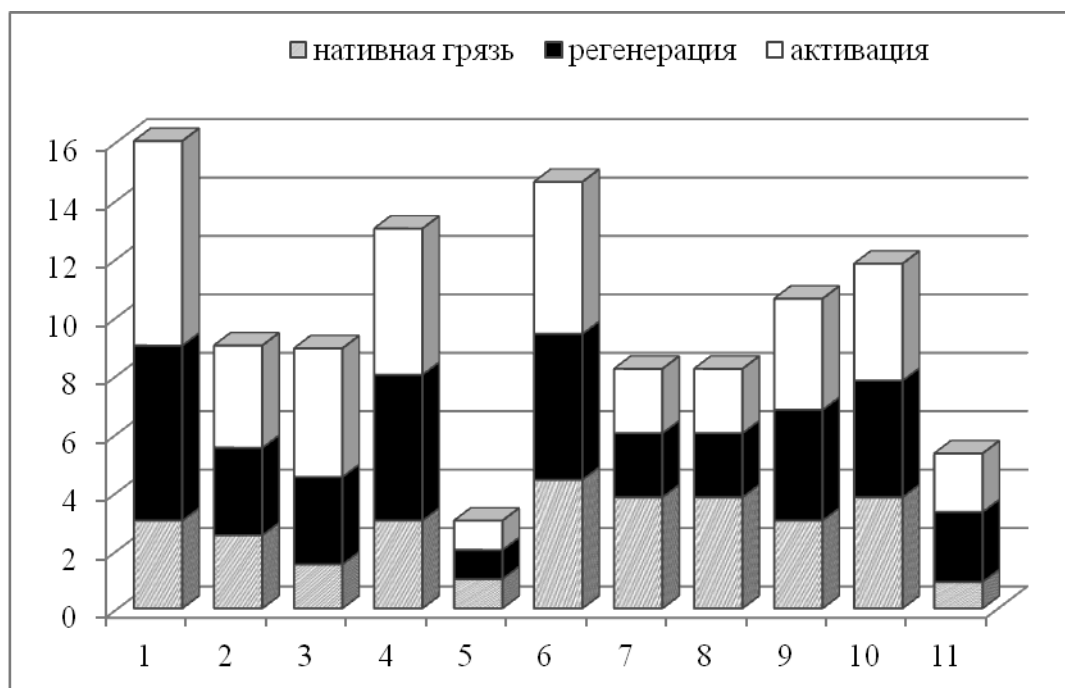


Рис. 3. Микробиологические показатели лечебной грязи озера Утиное в процессах регенерации и активации.

По оси абсцисс – физиологические группы микроорганизмов: 1 – гнилостные аэробы (NH_3); 2 – гнилостные аэробы (H_2S); 3 – гнилостные анаэробы; 4 – денитрифицирующие (N_2O); 5 – денитрифицирующие (N_2); 6 – маслянокислые; 7 – целлюлозоразлагающие аэробы; 8 – целлюлозоразлагающие анаэробы; 9 – сульфатредуцирующие; 10 – тионовые; 11 – плесневые грибы. По оси ординат – $\lg N$ (N – количество микроорганизмов в 1 г лечебной грязи).

лечебной грязи показывает рис. 3. Количественное преобладание гнилостных аэробных бактерий с первого до последнего дня опытов говорит об интенсивности минерализации белковых соединений с выделением аммиака (до 10^7) и сероводорода (до 10^3). Присутствие анаэробных бактерий, вызывающих разложение белков, также имеет место, хотя и в меньших масштабах (10^2 - 10^4). Образование аммиака и сероводорода в грязях имеет большое значение, поскольку щелочная реакция среды способствует оптимальному развитию большинства микроорганизмов грязи, а сероводород в соединении с железом в восстановительных условиях образует гидрат сернистого железа – коллоид, улучшающий вязкопластичные свойства пелоидов [3; 4].

Определение антимикробных свойств нативных грязей показало их невысокую активность в отношении синегнойной палочки

(*Pseudomonas aeruginosa*) и отсутствие вытесняющего эффекта к кишечной палочке (*Escherichia coli*) и к золотистому стафилококку (*Staphylococcus aureus*).

После искусственного инфицирования инкубируемых грязей санитарно-показательными микроорганизмами их коли-титр снизился с 10 до 10^{-3} , титр-перфрингенс – с 10^{-1} до 10^{-3} , величина титров синегнойной палочки и стафилококка золотистого достигла 10^{-1} , общее количество аэробов – сапрофитов возросло в 60 раз (рис. 1). Дальнейшие наблюдения показали постепенное повышение титра стафилококка золотистого и синегнойной палочки и их нормализацию по титру соответственно к 30 и 45 дню опыта. Другая картина наблюдалась в отношении высеваемости *Escherichia coli* и *Clostridium perfringens*. За семь месяцев регенерации грязей коли-титр возрос лишь на один порядок, и в последующие три месяца

ца оставался на том же уровне. Аналогичные данные были получены и по высеваемости *Clostridium perfringens*. К 15 дню опыта титр перфрингенс увеличился на один порядок, а затем до 300 дня наблюдений не изменялся.

Установлено, что активация лечебной грязи стимулирует развитие микробного сообщества грязи, в показателе общей численности до $3 \cdot 10^3$, соответствующем состоянию микробного сообщества при 15-суточном инкубировании грязи в грязехранилище. Далее 10-часовая активирующая обработка грязи, повышает суммарную численность микроорганизмов в ней до $8 \cdot 10^2$, соответствующую почти 300-дневной инкубации в грязехранилище. 15-часовая активация лечебной грязи обеспечивает не только высокую численность микроорганизмов, но и самоочищение от условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, внесенных в грязевую среду (рис. 2).

Закономерности изменений спектра специфического микробного сообщества лечебной грязи, показывает количественное преобладание гнилостных аэробных бактерий во всех опытах, что говорит об интенсивности минерализации белковых соединений с выделением аммиака и сероводорода. Формирующаяся щелочная среда способствует оптимальному развитию большинства микроорганизмов грязи, а сероводород в соединении с железом в восстановительных условиях образует гидрат сернистого железа – коллоид, улучшающий вязкопластичные свойства пелоидов.

Минерализацию белков с выделением аммиака могут осуществлять также актиномицеты и плесневые грибы (рисунок 3). Образующийся в процессе деструкции белковых соединений аммиак используется гетеротрофами, и может окисляться в нитраты и нитриты нитрифицирующими бактериями. Как показывают аналитические данные, развитие нитрифицирующих микроорганизмов было отмечено лишь на первых этапах опытных работ (до 15 дня). Окисленные соединения азота подвергаются восстановлению группой денитрифицирующих бактерий, численность которых в грязях всегда во много раз больше коли-

чества нитрификаторов. В изучаемых грязях денитрифицирующие бактерии высевались на протяжении всего периода наблюдений в количестве до 10^5 клеток в 1 г грязи. Среди микроорганизмов, участвующих в цикле углерода, стабильно и в больших количествах высевались маслянокислые бактерии (10^5 в 1 г гр.).

Процесс аэробного и анаэробного разложения клетчатки шел в опытных грязях довольно активно (10^3 - 10^4 в 1 г гр.), некоторое снижение микроорганизмов, расщепляющих целлюлозу, было отмечено лишь на 300 день опыта.

В числе микроорганизмов, играющих наибольшую роль в формировании бальнеологических свойств грязей, следует назвать сульфатредуцирующие, численность которых была стабильной и довольно высокой на протяжении всех 10 месяцев (10^3 в 1 г гр.). Основное количество сероводорода в иловых грязях образуется именно в результате деятельности сульфатредуцирующих бактерий. Процесс, противоположный восстановлению сульфатов – окисление сульфатов, осуществлялся тионовыми бактериями, с присутствием в грязях опыта на уровне 10^3 - 10^4 в 1 г гр.

Высокое содержание органических веществ и низкая минерализация грязей оз. Утиное детерминирует преимущественное развитие в них аммонифицирующих и денитрифицирующих бактерий. Значительное количество сульфатов (70 - 80 мг/экв · %), в жидкой фазе грязей оз. Утиное, при наличии органических веществ, дает возможность в анаэробных условиях интенсивно развиваться сульфатредуцирующим бактериям, которые, в сущности, и определяют принадлежность изучаемого пелоида к сильносульфидной разновидности (рис. 3).

Активированную лечебную грязь можно использовать в процедурах, потребляющих небольшие объемы лечебной грязи (микроклизмы, компрессы, местные аппликации) и для выделения из нее жидкой фазы – препарата водный экстракт лечебной грязи.

Характеризуя экологическое состояние грязевых отложений озера Утиное, их способности к регенерации и самоочищению можно

сделать следующие выводы: 1) физико-химическая характеристика грязе-иловых отложений соответствует нормативам исследуемого типа грязи, совокупность параметров грязи указывает на высокие кондиции лечебной грязи; 2) специфическая иловая микрофлора грязи отличается разнообразием и достаточной численностью, установлено несоответствие грязи санитарно-бактериологическим критериям, определяемым по коли-титру и титру-перфрингенс. Привнесенные со сточными водами или в порядке инфицирования санитарно-показательные микроорганизмы сохраняются в водоеме и могут быть ликвидированы при хранении грязеиловой смеси в регенерационных буртах или разработанным нами более эффективным способом, связанным с активацией лечебной грязи (табл. 1, рис. 1–3) [5].

Рассмотрение физико-химических показателей грязей до их инфицирования, после 300 дней хранения, и 5, 10, 15 часов активации, показывает незначительные различия между ними (табл. 1). Так, кислотность (рН) в нативной грязи сдвинулась от слабокислой (5,8) к нейтральной (7,1), что, скорее всего, связано с интенсивным развитием аммонифицирующих бактерий, подщелачивающих среду. Изменение значений окислительно-восстановительного потенциала с –90 мВ до –135 мВ свидетельствует об углублении восстановительной обстановки. Уменьшение общей минерализации грязей, вероятно, можно связать с разжижением субстрата, перекладыванием, перемешиванием, инфицированием, отбором проб. В целом основные параметры грязи до и после опытов соответствуют типу пелоида.

Таким образом, восстановление санитарно-микробиологических кондиций лечебной грязи озера Утиное может осуществляться методом пассивной регенерации путем выдерживания в грязехранилище от 45 до 300 дней и более длительный период. Эффективность этого метода крайне снижена при искусственном обсеменении лечебной грязи санитарно-показательными и патогенными

микроорганизмами. Предлагаемый метод активации, опирающийся на вытесняющую активность специфических микроорганизмов, формирующих пелоид, с высокой эффективностью очищает лечебную грязь от привнесенных микроорганизмов менее чем за сутки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Адилов В.Б. Требования к экологическому состоянию месторождений минеральных вод и лечебных грязей / В.Б. Адилов, А.В. Дубовский, В.И. Зотова и др. // *Вопр. курортол., физиотер. и ЛФК*. – 1996. – № 6. – С. 38–44.
2. Адилов В.Б., Михеева Л.С. К вопросу о систематизации лечебных грязей // *Вопросы изучения лечебных минеральных вод, грязей и климата: Труды ЦНИИКиФ*. – 1980. – Т. 43. – С. 90–105.
3. Килина Е.С., Тронова Т.М., Клопотова Н.Г. Биологическая активность сапропелевых лечебных грязей Сибири // *Вопр. курортол., физиотер. и ЛФК*. – 1997. – № 2. – С. 23–25.
4. Красильников Н.А. Антагонизм микробов и антибиотические вещества. – М.: Сов. наука, 1958. – 338 с.
5. Мурадов С.В. Формирование и биологическая активность грязе-иловых отложений. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 91 с.
6. Мурадов С.В. Экологическое решение проблем современного грязелечения. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2007. – 266 с.
7. Мурадов С.В., Борисенко В.В., Асабина В.Д., Балыков А.А. Экологическое состояние лечебной грязи оз. Утиное Паратунского курорта Камчатского края // *Проблемы региональной экологии*. – 2009. – № 4. – С. 54–61.
8. Сафронова Т.М. Отчет о грязеразведочных работах на курорте Паратунка Камчатской области, проведенных в 1962 г. – М.: ЦНИИКиФ МЗ СССР, 1963. – 112 с.
9. Сорокин В.А. Образование бактериальной пленки на поверхности илов и влияние ее на обмен веществ между илом и водой // *Микробиология*. – 1938. – Т. 7 (№ 5). – С. 579–591.
10. Цветков Г.А. Отчет о доразведке эксплуатируемого грязевого месторождения оз. Утиное с переоценкой запасов иловых лечебных грязей для обеспечения ими здравниц Камчатской области. – М.: ГО «Лечминресурсы» МЗ СССР, 1992. – 94 с.
11. Whittenburg R., Phillips R.C., Wilkinson T.E. Enrichment, isolation and some properties of methane-utilizing bacteria // *J. Gen. Microbiol.* – 1970. – V. 61. – P. 205–218.

УДК 577.391;619.34

Муслимова З.Г.

Институт радиационных проблем НАН Азербайджана (г. Баку)

**ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСОВ РУТИНА НА АКТИВНОСТЬ
АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ γ -ОБЛУЧЕННЫХ
ПРОРОСТКОВ КУКУРУЗЫ**

Z. Muslimova

Institute of Radiation Problems, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku

**EFFECT OF RUTIN COMPLEXES ON THE ACTIVITY OF THE ANTIOXIDANT
SYSTEM OF GAMMA-IRRADIATED MAIZE SEEDLINGS**

Аннотация. Исследована активность антиоксидантной системы проростков, полученных из γ -облученных семян кукурузы. Высокие дозы ионизирующего излучения снижали всхожесть семян и стимулировали процессы перекисного окисления липидов у однонедельных проростков. Однако в процессе дальнейшего развития проростков различия в росте и в активности антиоксидантной системы нивелировались. Полученные из экстрактов цветков сафоры японской (*Saphora japonica* L.) комплексы рутина с металлами и неметаллами снижали повреждающее действие ионизирующей радиации.

Ключевые слова: кукуруза, γ -облучение, перекисное окисление липидов, антиоксидантная активность, малоновый диальдегид.

Abstract. We have studied the antioxidant activity of seedlings grown from gamma-irradiated maize seeds. High doses of ionizing radiation reduced germination and stimulated lipid peroxidation in one-week seedlings. However, in the further development of seedlings, the differences in growth and activity of the antioxidant system were leveled. Rutin complexes with metals and nonmetals obtained from extracts of *Sophora japonica* flowers (*Saphora japonica* L.) reduced the damaging effects of ionizing radiation.

Key words: maize, gamma irradiation, lipid peroxidation, antioxidant activity, malon dialdehyde.

Известно, что радиоактивное излучение оказывает повреждающее действие на биологические системы, в том числе и на молекулы ДНК, с образованием гидроперекисей азотистых оснований, приводящих к сшивкам и формированию пиримидиновых димеров. Повреждающий эффект, инициируемый свободными радикалами, может усиливаться при наличии в биологической системе активных форм кислорода (АФК), которые вызывают окислительную модификацию макромолекул, нарушение целостности клеточных структур [4]. Супероксидный радикал, пероксид водорода и гидроксильный радикал обладают очень высокой агрессивностью и способны повреждать практически все компоненты клетки. Активные радикалы, взаимодействуя с органическими веществами, образуют гидропероксиды ДНК, белков, липидов. Гидропероксиды, так же как и пероксиды, химически активны и в ходе метаболизма переходят в спирты, альдегиды, эпоксиды и другие окисленные соединения.

В липидах, в основном в полиненасыщенных жирных кислотах, АФК вызывают цепные реакции с накоплением липидных, пероксильных, алкоксильных и других радикалов. Участие тяжелых металлов с переменной валентностью, таких, как медь, железо, кобальт и др. приводит к разветвлению этой цепи. Перекисное окисление липидов (ПОЛ) является индикаторной реакцией повреждения клеточных мембран. В результате ПОЛ образуются конечные метаболиты (малоновый диальдегид, этан, пентан и др.), реагирующие с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-реагирующих продуктов) [5]. Однако любой организм способен защитить

себя от разрушающего действия свободных радикалов за счет использования высокоактивной антиоксидантной системы, включающей в себя низко- и высокомолекулярные вещества, способные ингибировать свободнорадикальные процессы. Поскольку адаптивные механизмы, которые активируются ионизирующим излучением, в том числе синтез антиоксидантных соединений, в значительной степени неспецифичны, то можно предположить, что устойчивость популяций растений к гамма-излучению также подвергается модификации [2].

Из литературных источников известно много фактов о влиянии гамма излучения на всхожесть семян и развитие растений. При этом известно, что под действием малых доз гамма-облучения всхожесть семян обычно повышается, в то время как под влиянием высоких доз развитие проростков подавляется. С повышением дозы облучения вступают в действие различные системы репарации радиационных повреждений и, вероятно, реализуются разные адаптивные стратегии [3]. Таким образом, растительные популяции, которые подвергаются хроническому облучению, могут характеризоваться, с одной стороны, ускоренным мутационным процессом, а с другой – различным, в зависимости от мощности дозы, уровнем активации систем адаптации к стрессовым факторам окружающей среды.

В проблеме радиационной защиты облученных организмов большое значение имеет исследование таких способов защиты, при которых протектор улучшает общее состояние организма, нормализует обмен веществ, но оставляет сохранившимися генетические изменения. В этом случае появляется возможность повышать дозы радиации с целью получить новые измененные формы, которые можно было бы использовать в селекции и которые не погибали бы от лучевого поражения. Ранее было обнаружено, что при введении в семена растений перед облучением некоторых солей металлов – железа, марганца, никеля, кобальта и некоторых других катионов, наблюдается четко выраженное защит-

ное действие от γ -радиации. При этом было установлено, что некоторые из этих металлов оказывает не только профилактическое, но и терапевтическое защитное действие [1].

В связи с этим нами были проведены исследования защитных свойств некоторых металлов, в частности трехвалентного железа, никеля, кобальта и аммония. Выбор этих металлов и аммония как химических радиопротекторов базировался на их способности к комплексобразованию, с чем связана стабилизация вторичных структур макромолекул.

Материалы и методы

Объектом исследования служили семена пшеницы. Для изучения действия радиопротекторов семена обрабатывали в течение 15 часов в 0,001 % -ных растворах радиопротекторов. После этого семена подвергали общему равномерному γ -облучению от источника ^{60}Co на установке «Рхунд» в дозах 200 Гр. Об изменении интенсивности ПОЛ судили по содержанию вторичного продукта ПОЛ-МДА с помощью метода Costa с соавторами [6]. Метод основан на том, что при высокой температуре в кислой среде МДА реагирует с 2-ТБК, образуя розовый триметилловый комплекс с максимумом поглощения при 535 нм. Для индукции перекисного окисления липидов воздушно-сухие семена выращивали в чашках Петри. Для анализа продуктов ТБК и антиоксидантов 1 г сырой массы проростков гомогенизировали в фарфоровой ступке с небольшим количеством реакционной смеси, состоящей из 0,25 % раствора тиобарбитуровой кислоты ТБК. Для лучшего растирания добавляли стеклянный песок. Гомогенат перенесли в стеклянную пробирку небольшими порциями реакционной смеси. Пробы перемешивали и помещали в нагретую до 95° С водяную баню на 30 мин. Затем содержимое проб перенесли в центрифужные пробирки и центрифугировали 10 мин при 10000 g. Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре при $D=532$ нм и $D=600$ нм. Содержание ТБК-реагирующих продуктов выражали в мМ/г сырого веса.

Результаты и обсуждение

Как видно из рис. 1, изменения в динамике накопления вторичных продуктов перекисного окисления липидов в культуре ткани кукурузы после действия гамма-излучения выявляются достаточно четко. Содержание ТБК-реактивных продуктов в ткани непосредственно после облучения существенно возрастало. Через две недели эта разница носила менее выраженный характер, а через три недели разница, можно сказать, совсем исчезла.

Повышение содержания вторичных продуктов может быть первичным ответом растительной ткани на облучение. Литературные данные дают основание предположить, что γ -облучение может являться индуктором перекисного окисления липидов в листьях кукурузы. Было обнаружено, что первичный ответ растительной ткани на облучение выражался в повышении содержания вторичных продуктов перекисного окисления. Кроме этого, для полного представления о действии радиации на растительные ткани мы также изучали динамику роста растений и всхожесть семян (см. рис. 2).

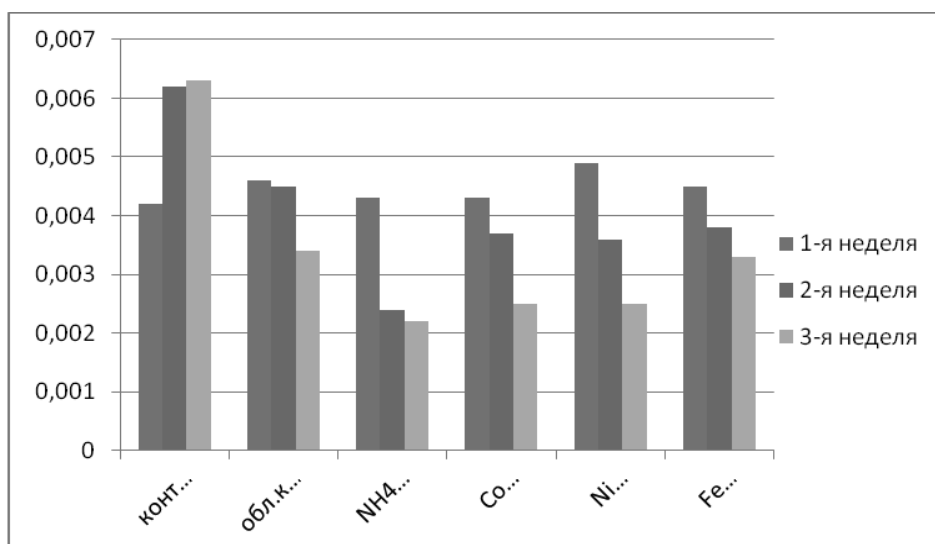


Рис. 1. Перекисное окисление липидов

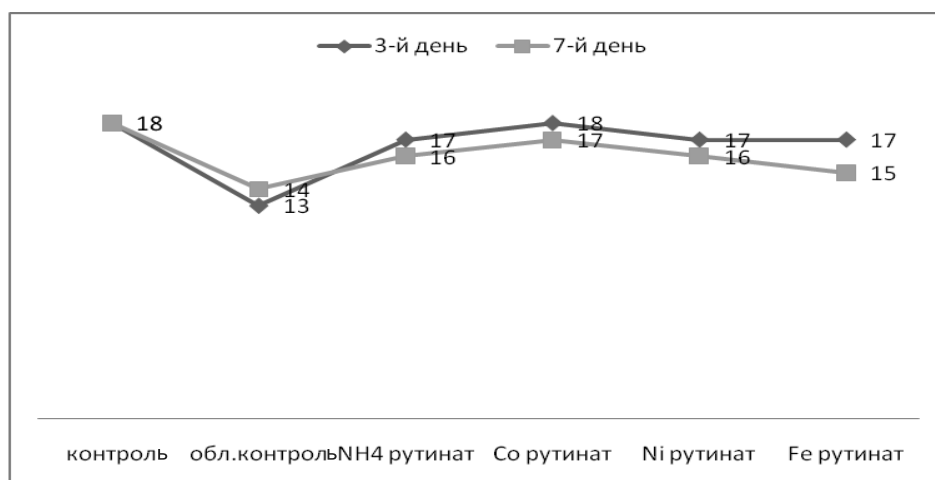


Рис. 2. Всхожесть семян

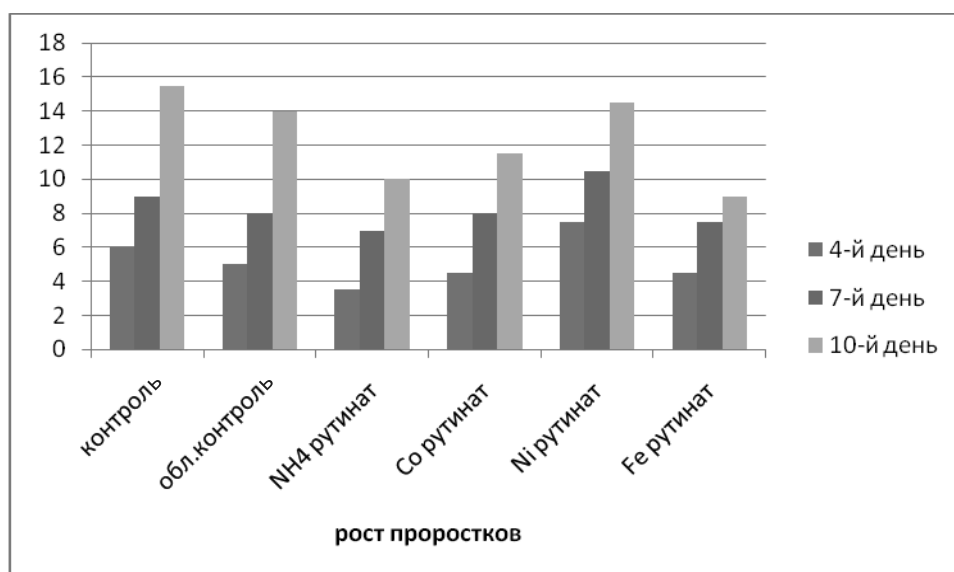


Рис. 3. Рост проростков, см

Как видно из рис. 2, облучение семян высокими дозами понижает всхожесть семян, обработка семян комплексами рутината, по сравнению с облученным контролем, повышает всхожесть семян. Самый лучший результат наблюдается у семян, обработанных Со-рутилатом. Из рис. 3 следует, что облучение не оказывало выраженного влияния на рост проростков, поэтому не наблюдается сильное радиопротекторное действие.

Мы показали, что облучение семян в высоких дозах повышает содержание в них перекиси водорода, супероксидного и гидроксильного радикала и таким образом активизирует ПОЛ и вызывает активацию антиоксидантной защиты растений. Кроме того, снижается всхожесть семян. Мы также показали, что предварительная обработка семян кукурузы использованными нами комплексами разных металлов и аммония снижает действие радиации на всхожесть семян и на рост растений. Обработка семян этими комплексами также подавляет активацию ПОЛ и, таким образом, защищает растения от разрушительного действия ионизирующей радиации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гродзинский Д.М., Гудков И.Г. Защита растений от лучевого поражения. – М.: Атомиздат, 1973. – 230 с.
2. Зенков Н.К., Меньшикова Е.Б. Активированные кислородные метаболиты в биологических системах // Успехи современной биологии. – 1993. – Т.113 (№ 3). – С. 286–290.
3. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Наука, 1985. – 347 с.
4. Рогожин В.В., Курилюк Т.Т., Филиппова Н.П. Изменение реакции антиоксидантной системы проростков пшеницы после УФ-облучения семян // Биофизика. – 2000. – Т. 45 (вып. 4). – С. 730–736.
5. Экологическая физиология растений: руководство к лабораторным и практическим занятиям. – Екатеринбург, 2008. – 157 с.
6. Costa H., Gallego S.M., Tomaro M.L. Effect of radiation on antioxidant defense system in sunflower cotyledons // Plant Science. – 2002. – Vol. 162 (№ 6). – P. 939–945.

РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ

УДК 502.52:504.5:556.072

Кулакова Н.Е., Лозовик П.А.

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН (г. Петрозаводск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ВОДНУЮ СРЕДУ

N. Kulakova, P. Lozovik

*Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Center,
Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk*

PHYSICAL-CHEMICAL MODELING FOR ASSESSMENT OF INFLUENCE OF MINING AND PROCESSING PLANTS ON AQUATIC HABITAT

Аннотация. Проведена оценка влияния предприятий горнодобывающей промышленности на примере Костомукшского ГОКа на водную среду на основе опытов по выщелачиванию руды. Результаты лабораторного моделирования позволили оценить поступление веществ из 1 т руды при ее технологической переработке и захоронении остатков в хвостохранилище, а также дать прогноз химического состава воды хвостохранилища.

Ключевые слова: Костомукшский ГОК, выщелачивание, хвостохранилище.

Abstract. Based on ore leaching experiments we have assessed the influence of mining industry, by the example of the Kostomuksha mining & processing plant, on aquatic habitat. Laboratory modeling results allowed us to estimate the matter yield from 1 t of ore during the processing and waste burial in the tailings and to evaluate the tailing chemical composition.

Key words: Kostomuksha mining & processing plant, leaching, tailings.

Для России характерно существенное развитие горнодобывающей промышленности. Примером крупного предприятия этой отрасли в Карелии является Костомукшский горно-обогатительный комбинат (ОАО «Карельский окатыш»), осуществляющий добычу и переработку руд Костомукшского и Корпангского месторождений железных руд, которые относятся к железорудной железисто-кварцевой рудной формации (осадочный ряд). Рассматриваемый тип рудной формации приурочен к отложениям костомукшской свиты гимольской серии (верхний архей) [1]. По литературным данным [1; 2] и результатам минералогического анализа, главными пороодообразующими минералами железной руды Костомукшского и Корпангского месторождений являются магнетит (до 45%), биотит (до 45%), кварц (21-32%) и плагиоклаз (до 16%). Содержание пирита составляет 0,01-0,15%.

На Костомукшском ГОКе, аналогично другим подобным предприятиям, создано хвостохранилище для захоронения хвостов производства и оборотного водоснабжения комбинатов. В связи с тем, что предварительно не было проведено оценок поступления веществ в воду,

длительное время (1982-1993 гг.) комбинат работал в бесбросовом режиме – шло накопление воды в хвостохранилище: в результате произошло повышение его уровня с 157,12 до 180,30 м БС. Площадь оз. Костомукшского, на базе которого было создано хвостохранилище, увеличилась с 5,18 до 34,2 км². Начиная с 1994 г., осуществляются регулируемые пуски воды из хвостохранилища, что позволило сохранить и обеспечить бесперебойную работу комбината, но в тоже время привело к дальнейшему загрязнению системы р. Кенти, являющейся приемником техногенных вод [4, с. 18-25].

Методика опытов по выщелачиванию руды

На наш взгляд, оценку поступления веществ в водные объекты можно оценить по результатам физико-химического моделирования выщелачивания компонентов из руды и сопутствующих пород. Для этих целей были проведены лабораторные опыты по опубликованной методике [6, с. 15]. Единственное отличие применения методики в том, что руду в ходе опытов не меняли, и наши опыты имитировали процесс выщелачивания компонентов как при технологической переработке руды, так и после поступления отработанной пульпы в хвостохранилище [3, с. 98-102].

Образцы руды были взяты с трех действующих карьеров Костомукшского (центрального и северного) и Корпангского (западного) месторождений. Мелко раздробленную руду (фракция частиц менее 1 мм) массой 200 г заливали дистиллированной водой объемом 1 л (соотношение “порода-вода” по массе – 1:5). Исходное количество опытных сосудов было 8, по 1 л каждый. После каждого пробоотбора число сосудов уменьшалось на один, поскольку отбирался 1 л воды на химический анализ. Ежедневно опытные растворы тщательно перемешивали и после суточного (или более, по схеме опыта) отстаивания сливали воду из всех стаканов в одну емкость, отбирали 1 литр для проведения химического ана-

лиза, а остаток воды разливали в оставшиеся стаканы с рудой по 1 литру. В опытах с рудой западного карьера отбор проб на анализ осуществляли на 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 и 15-е сутки с момента их постановки, а в опытах с рудой центрального и северного карьеров – на 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 и 30-е сутки. В водных вытяжках измеряли электропроводность и pH, а также определяли содержание следующих компонентов: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , N_{org} , $P_{мин}$, $P_{общ}$, Fe, Mn, Si. Химические анализы проводили по аттестованным методикам [5] в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН, имеющей аккредитацию Госстандарта России.

Результаты и их обсуждение

Опыты по выщелачиванию позволили получить кумулятивные кривые накопления веществ в воде при взаимодействии ее с рудой различных карьеров Костомукшского ГОКа и выявить особенности поступления минеральных веществ из руды в воду. На большинстве кумулятивных кривых накопления отмечается быстрый рост концентрации веществ в первые сутки и более медленное их поступление в последующие. Это связано с тем, что в первый момент контакта руды с водой происходило поступление легкорастворимых солей с поверхности частиц породы (конгруэнтное растворение). Далее шло медленное выщелачивание компонентов из труднорастворимых пород (инконгруэнтное растворение). Все кумулятивные кривые накопления веществ, полученные в результате лабораторного моделирования, можно отнести к 4 типам (рис. 1).

Математическая обработка второго и третьего типа кривых выщелачивания по кинетическому уравнению $C_t = C_{\infty} (1 - e^{-kt})$ позволила получить предельное значение концентрации и константу скорости выщелачивания, по которым была рассчитана скорость выщелачивания в начальный момент времени $v_0 = kC_{\infty}$ (табл.). Для руд из всех карьеров характерна максимальная скорость выщелачивания K^+ и

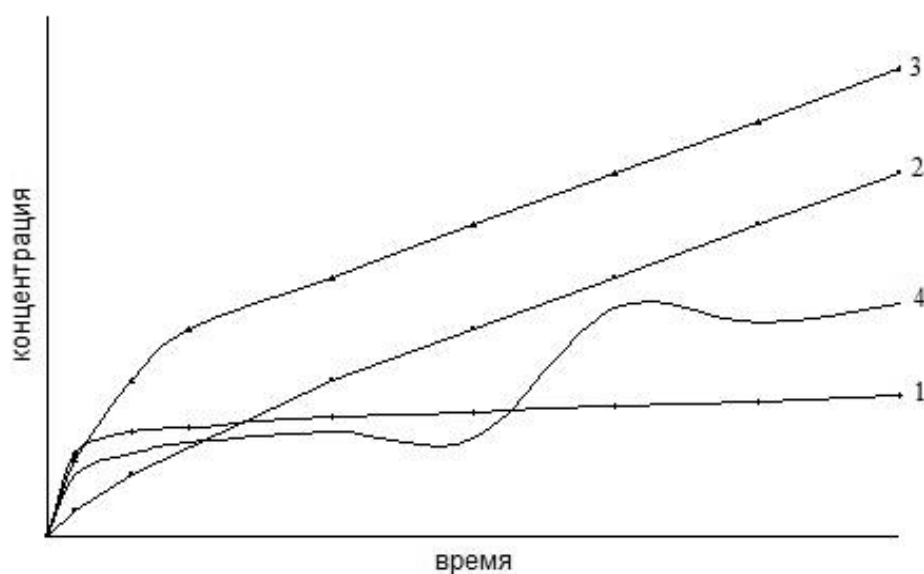


Рис. 1. Кумулятивные кривые выщелачивания:

- 1 - быстрое выщелачивание с достижением предельного значения в течение первых суток (NH_4^+ , NO_3^-);
 2 - медленное, почти линейное выщелачивание с большим временем достижения предельного значения (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Si);
 3 - экспоненциальное выщелачивание и медленное достижение предельной концентрации (Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- , $\Sigma_{\text{и}}$);
 4 - волнообразное выщелачивание ($\text{Fe}_{\text{общ}}$, Mn, P)

Таблица 1

**Кинетические параметры выщелачивания веществ
из образцов руды различных карьеров**

Компонент	Западный		Центральный		Северный	
	C_{∞} , мг/л	v_0 , ммоль/ л · сут.	C_{∞} , мг/л	v_0 , ммоль/ л · сут.	C_{∞} , мг/л	v_0 , ммоль/ л · сут.
Ca^{2+}	5,4	35,3	30,1	187	16,6	32,0
Mg^{2+}	4,8	6,7	4,0	27,1	2,9	43,3
Na^+	2,3	61,1	8,9	9,4	1,9	30,0
K^+	27,9	113	18,2	693	11,2	79,0
HCO_3^-	51,0	288	66,6	197	74,4	121
SO_4^{2-}	6,4	15,0	24,9	12,2	9,9	4,3
$\Sigma_{\text{и}}$	144,7	340*	178,2	1072*	113,4	173*
Si	3,0	42,0	2,5	5,4	4,2	32,5

Примечание: * - ммоль-экв/л в сутки.

HCO_3^- . Для других минеральных компонентов получены сопоставимые между собой скорости выщелачивания.

Значения концентраций элементов, отвечающих предельному выщелачиванию, позволяют оценить поступление веществ из 1

т руды при ее технологической переработке и захоронении остатков в хвостохранилище. При этом учитывалось, что использование руды из различных карьеров на комбинате осуществляется в следующем долевом соотношении: западный (0,37), центральный

(0,42) и северный (0,21). Среднее выщелачивание, например калия, из руды можно рассчитать следующим образом: $(27,9 \text{ мг/л} \cdot 0,37 + 18,2 \text{ мг/л} \cdot 0,42 + 11,2 \text{ мг/л} \cdot 0,21) \cdot 5 = 100,5 \text{ г/т}$. Тогда среднегодовой прирост его концентрации в воде хвостохранилища с учетом количества используемой комбинатом руды ($17,1 \cdot 10^6 \text{ т/год}$) и объемом хвостохранилища, включая среднеегодовое количество попусков воды из хвостохранилища ($444 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$), составит: $(100,5 \text{ г/т} \cdot 17,1 \cdot 10^6 \text{ т/год}) / 444 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год} = 3,9 \text{ мг/л в год}$. Аналогичные расчеты произведены и для остальных компонентов: Mg^{2+} - 20,3 г/т и 0,8 мг/л в год; Na^+ - 29,9 и 1,2; Ca^{2+} - 90,6 и 3,5; HCO_3^- - 312,3 и 12,0; SO_4^{2-} - 74,5 и 2,9; Cl^- - 26,6 и 1,0 г/т и мг/л в год соответственно. По результатам опытов установлено, что поступление солей в воду хвостохранилища составляет около 25 мг/л в год, а K^+ - 3,9 мг/л, что близко к многолетнему тренду $\Sigma_{\text{и}}$ (22,5 мг/л в год) и концентрации K^+ (3,7 мг/л в год) в воде хвостохранилища, начиная с 2001 г. (рис. 2).

В тоже время в изменении содержания SO_4^{2-} и HCO_3^- имеется определенная несогласованность между опытными данными и многолетней изменчивостью в воде хвостохранилища. Так, увеличение сульфатов, по результатам опытов, составляет 2,9 мг/л в год, многолетний тренд дает 20,7 мг/л,

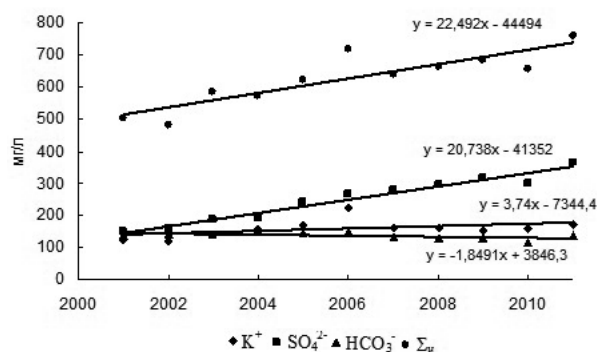


Рис. 2. Многолетняя динамика $\Sigma_{\text{и}}$ и содержания K^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- в воде хвостохранилища

HCO_3^- - 12,0 и 1,8 мг/л в год соответственно. По-видимому, основная причина несоответствия опытных и натурных данных связана с тем, что в пульпе, сбрасываемой в хвостохранилище, идет дальнейшее окисление сульфидов. Образующаяся при этом серная кислота способствует снижению щелочности воды и увеличению концентрации SO_4^{2-} . Такую картину удалось наблюдать и в опытах с рудой западного карьера, когда к концу опытов резко возросло содержание сульфатов и уменьшилась щелочность воды. По-видимому, в краткосрочном эксперименте не удастся выявить существенного поступления сульфат-иона в связи с низкой скоростью окисления пирита.

Таблица 2

Кинетические параметры выщелачивания веществ из образцов использованной руды центрального и северного карьеров

Компонент	Центральный		Северный	
	C_{∞} , мг/л	V_0 , ммоль/л · сут.	C_{∞} , мг/л	V_0 , ммоль/л · сут.
Ca^{2+}	26,4	81,8	12,5	33,0
Mg^{2+}	1,6	18,3	1,6	14,2
Na^+	1,1	14,8	3,0	4,8
K^+	6,6	67,9	17,3	28,5
HCO_3^-	53,7	124,1	55,4	139,8
SO_4^{2-}	32,9	37,0	17,5	5,1
$\Sigma_{\text{и}}$	126,1	250,4*	99,9	129,9*
Si	2,3	17,9	2,8	29,6

Примечание: * - ммоль-экв/л в сутки

Для выяснения дальнейшего выщелачивания компонентов из руды были проведены повторные опыты с рудой северного и центрального карьеров, использованной ранее в первом опыте. По их результатам были также рассчитаны предельное значение концентрации и скорость выщелачивания отдельных компонентов в начальный момент времени (табл. 2). Во второй серии опытов скорость выщелачивания большинства компонентов снизилась, за исключением сульфатов, а также натрия и кремния в центральном карьере. Что касается сульфатов, то рост скорости их выщелачивания связан, вероятнее всего, с окислением сульфидов. Возросло и значение концентрации сульфат-иона, отвечающей их предельному выщелачиванию.

С учетом того, что эксплуатация Костомукшского и Корпангского месторождений рассчитана еще на 40 лет, следует ожидать, что к 2050 г. минерализация воды хвостохранилища достигнет 1600 мг/л, а содержание K^+ – 300 мг/л и SO_4^{2-} – 1200 мг/л. При этом вода перейдет в новую геохимическую фазу, когда содержание ряда ионов в воде будет определяться уже растворимостью их солей в воде. Так, концентрация сульфат-иона будет ограничиваться растворимостью гипса в воде (2,0 г/л). Таким образом, по результатам моделирования

можно установить изменение состава воды в зоне действия предприятий железорудной промышленности и планировать проведение соответствующих мероприятий по минимизации их воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Геология и металлогения района Костомукшского железорудного месторождения. – Петрозаводск: Карелия, 1981. – 143 с.
2. Горьковец В.Я., Раевская М.Б. Путеводитель геологических экскурсий по архею в районе Костомукшского железорудного месторождения. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1992. – 37 с.
3. Кулакова Н.Е., Лозовик П.А. Экспериментальное выщелачивание руды Костомукшского и Корпангского железорудных месторождений // Труды Карельского научного центра РАН. – 2011. – № 4. – С. 98–102.
4. Кулакова Н.Е., Лозовик П.А. Анализ влияния Костомукшского горно-обогатительного комбината на окружающую среду с учетом природно-техногенных факторов формирования и трансформации вод // Вода: химия и экология. – 2012. – № 2. – С. 18–25.
5. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 1 / под ред. Л.В. Боевой. – Ростов-на-Дону: НОК, 2009. – 1044 с.
6. Феоктистов В.М., Сало Ю.А. Режим эксплуатации хвостохранилища Костомукшского ГОКа: практические рекомендации. – Петрозаводск: КарНЦ АН СССР, 1990. – 42 с.

УДК 543.422.3:546.226:556.114

Кулакова Н.Е., Лозовик П.А., Родькина И.С.

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН (г. Петрозаводск)

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУЛЬФАТ-ИОНОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ БАРИЯ С СУЛЬФОНАЗО III

N. Kulakova, P. Lozovik, I. Rodkina

*Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Center,
Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk*

QUANTITATIVE DETERMINATION OF SULFATE CONTENT IN NATURAL WATERS BASED ON COMPLEXING REACTION OF BARIUM IONS AND SULFONAZO III

Аннотация. Предложена методика спектрофотометрического определения сульфат-ионов в природных и загрязненных водах, основанная на осаждении SO_4^{2-} ионами бария и определении остаточных количеств Ba^{2+} , образующих комплекс с сульфоназо III. Данная методика позволяет получать воспроизводимые градуировочные графики и хорошую сходимость данных анализа с образцами внутреннего и внешнего контроля.

Ключевые слова: сульфаты, сульфоназо III, природные воды.

Abstract. We report the method for spectrophotometric determination of sulfates in natural and waste waters, which is based on sulfate sedimentation by barium ions and determination of residual quantity of Ba^{2+} in complexes with sulfonazo III. The method allows us to receive reproducible calibration curves and repeatability of measurements with external and internal check samples.

Key words: sulfates, sulfonazo III, method for determination, natural water.

В аналитической практике широко используются фотометрические методы определения сульфат-ионов с применением производных хромотроповой кислоты: нитрхромазо [1], диметилсульфоназо III [7], ортанилового К [3] и др. Очень часто в качестве такого индикатора применяют сульфоназо III, или [2,7-бис(2-сульфофенилазо)]хромотроповая кислота тетра-натриевая соль [4] (рис. 1).

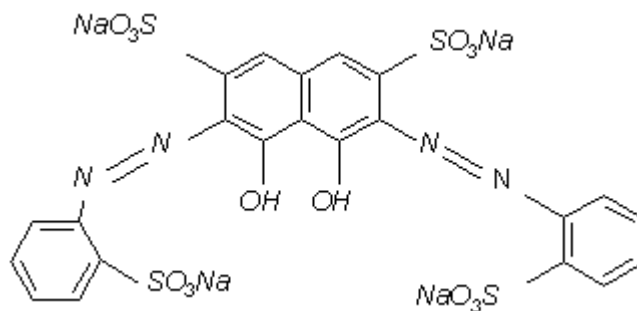


Рис. 1. Формула сульфоназо III

Все фотометрические методы с указанными выше индикаторами основаны на осаждении SO_4^{2-} ионами бария и фотометрическом определении остаточных количеств Ba^{2+} . В результате взаимодействия ионов бария с сульфоназо III образуется комплекс составом 1:1, согласно

© Кулакова Н.Е., Лозовик П.А., Родькина И.С., 2013.

результатам работ [1; 2]. Собственный опыт определения сульфат-ионов с нитрхромазом, сульфоназо III и ортаниловым К показал, что не всегда получаются воспроизводимые градуировочные графики и невозможность определения низких концентраций SO_4^{2-} (< 1 мг/л). Поэтому целью работы было добиться воспроизводимости градуировочных графиков и повысить чувствительность определения сульфат-ионов с сульфоназо III.

Экспериментальная часть

Определение сульфатов осуществляли спектрофотометрическим методом. Для построения калибровочного графика использовали растворы, с содержанием сульфат-ионов от 1,0 до 5,0 мг/л, которые готовили из ГСО 7684-99. Для приготовления стандартных растворов хлорида бария ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/л) и сульфоназо III ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/л) в мерных колбах на 100 мл растворяли в дистиллированной воде по отдельности 0,1220 г $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и 0,3883 г сульфоназо III. Для приготовления рабочих растворов BaCl_2 ($2 \cdot 10^{-4}$ моль/л) 8 мл стандартного раствора разбавляли дистиллированной водой в мерной колбе объемом 200 мл, а сульфоназо III ($2,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л) – к 10 мл стандартного раствора добавляли 100 мл ацетона и полученную смесь доводили дистиллированной водой в мерной колбе на 200 мл. Подготовка смолы КУ-2 осуществлялась в соответствии с методикой [5]. Для спектрофотометрических измерений использовали прибор Portlab 501, прошедший проверку в центре метрологии и стандартизации.

Результаты и их обсуждение

Устойчивость окраски комплекса зависит от ряда факторов, прежде всего, от pH и наличия щелочных и особенно щелочно-земельных металлов. Для устранения мешающего влияния последних к пробе воды добавляли катионит КУ-2 в H^+ -форме [3], предварительно промытый пробой, и выдерживали в течение суток. В диапазоне pH 3-5 наблюдается максимальное значение оптической плотности растворов Ba^{2+} с сульфоназо

III, и в качестве оптимальной величины pH было выбрано значение 3,0.

Опыт проведения анализа сульфат-ионов с использованием нитрхромазом и сульфоназо III в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН показал, что основным недостатком метода является низкая воспроизводимость градуировочных графиков, причины которой связаны с тем, что при одновременном добавлении к воде всех реактивов происходят две конкурентные реакции за ионы Ba^{2+} – сульфатов и сульфоназо III. При этом калибровочный график имел слабый перегиб, а окраска растворов при низких концентрациях сульфатов была ярко-синяя, а при больших – фиолетовая. Для устранения этого эффекта сначала использовали осаждение SO_4^{2-} ионами Ba^{2+} , а затем к раствору добавляли сульфоназо III, как это рекомендовано в методике [7]. Для лучшего связывания Ba^{2+} с SO_4^{2-} реакцию проводили в водно-ацетонной среде (1:2) не менее одного часа.

Использование не абсолютных значений оптической плотности при $\lambda = 640$ нм, а разности в максимуме и минимуме светопоглощения: $\Delta A = A_{640} - A_{615}$ (рис. 2), также позволяет получить более воспроизводимые градуировочные графики.

Измерение оптической плотности после добавления сульфоназо III показало высокую устойчивость окраски во времени (рис. 3), что повышает экспрессность методики, так как все проводимые при анализе процедуры требуют временных затрат.

Методика определения сульфатов сводится к следующему. В пробе воды (после ее пропускания через катионит) доводят pH до 3,0, добавляя по каплям 0,5 н. HCl (контроль по pH-метру). К 5 мл полученной пробы воды приливают 10 мл ацетона и 2 мл рабочего раствора BaCl_2 ($2 \cdot 10^{-4}$ моль/л). Раствор тщательно перемешивают и выдерживают при комнатной температуре в течение 1,5 часов. После чего добавляют 2 мл рабочего раствора сульфоназо III ($2,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л) и проводят фотометрические измерения через 10 мин. В случае, если pH проб, пропущенных через катионит, меньше 3,0, то подготовленную

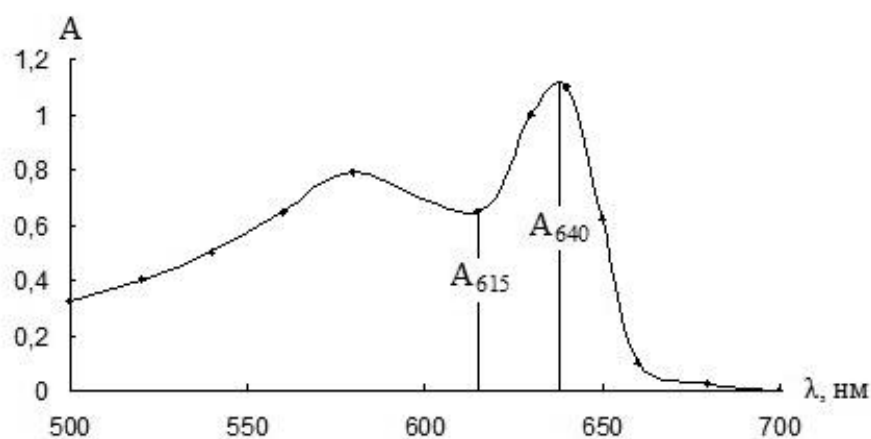


Рис. 2. Спектр поглощения комплекса бария с сульфоназо III

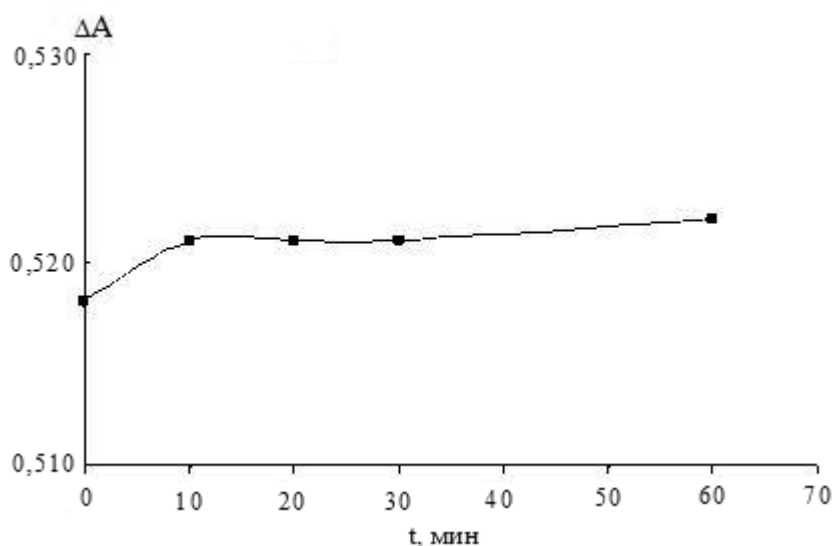


Рис. 3. Устойчивость окраски комплекса барий-сульфоназо III во времени

пробу разбавляют дистиллированной водой. В результате указанных выше аналитических процедур удалось получить воспроизводимые градуировочные графики (рис. 4) и хорошую сходимость данных анализа с образцами внутреннего и внешнего контроля (табл.).

Как видно из табл., относительная погрешность результатов определения сульфат-иона на стандартных образцах и пробах воды внутреннего и внешнего контроля весьма низкая (< 6%), что свидетельствует о доста-

точно надежном их определении. Последний проводится ежегодно в рамках международного проекта «ICP Waters» [6]. Расхождение данных определения сульфатов при низкой их концентрации не превышало 5,3% (в среднем 3,3%), что является хорошим показателем сходимости результатов анализа.

Были получены метрологические характеристики результата анализа. Для этого проведено определение содержания сульфат-ионов в одной и той же пробе природной воды в шести повторностях. В результате были

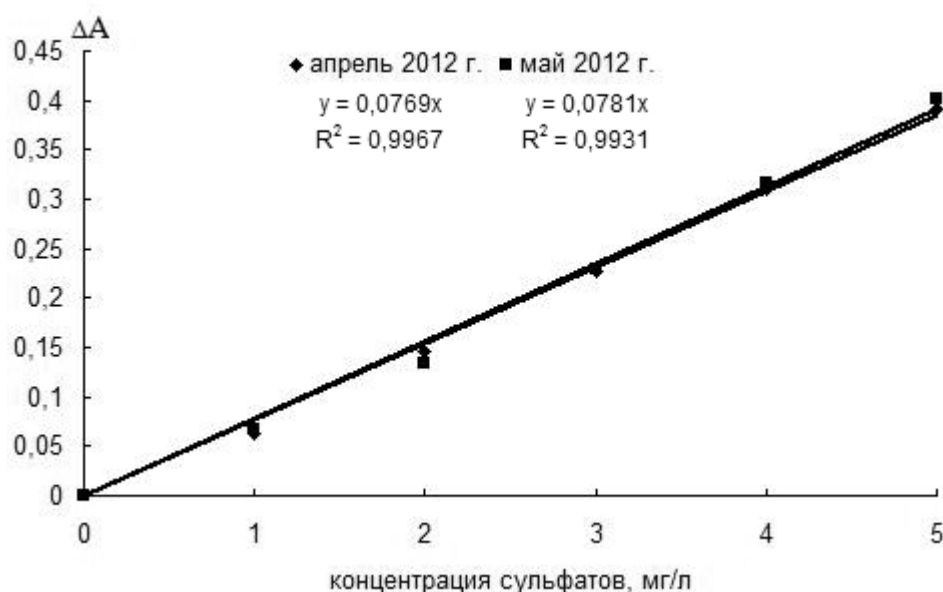


Рис. 4. Градуировочные графики, полученные в разные периоды.

Таблица

Результаты проверки достоверности определения сульфатов

Образец воды	Содержание, мг/л	Найдено, мг/л	δ, %
Стандартный раствор	2.0	2.05	2.5
Стандартный раствор	4.0	4.06	1.5
Проба	-	1.53	-
Внутренний контроль	Проба + 2.0 мг/л	3.64(2.08*)	4.0
Внешний контроль	3.04	2.88	5.3
Внешний контроль	2.79	2.70	3.2

Примечание. * - концентрация сульфат-ионов в добавке.

установлены следующие концентрации SO_4^{2-} : 3,6; 3,3; 3,1; 2,7; 3,2; 3,8 мг/л (среднее 3,3 мг/л). Стандартное отклонение составило 0,3 мг/л, границы интервала относительной погрешности $\pm \delta - 9\%$ ($n = 6$, $P = 0,95$).

Таким образом, для надежного определения низких концентраций сульфатов в природных водах фотометрическим методом с BaCl_2 и сульфоназо III требуется первоначально осуществить осаждение SO_4^{2-} ионами Ba^{2+} , а затем добавить сульфоназо III. Положительный результат дает использование

разности оптических плотностей в максимуме (640 нм) и минимуме (615 нм) спектра поглощения комплекса Ba^{2+} с сульфоназо III, а не абсолютных значений при $\lambda = 640$ нм, поскольку это позволяет получать более воспроизводимые градуировочные графики.

ЛИТЕРАТУРА:

- Басаргин Н.Н., Новикова К.Ф. Титриметрический микрометод определения серы в фосфор- и мышьяксодержащих органических соединениях с новым индикатором нитхромазо // ЖАХ. – 1966. – Т. 21. Вып. 4. – С. 473–478.

2. Басаргин Н.Н., Ногина А.А. Спектрофотометрическое изучение комплексообразования ионов бария с карбоксиарсеназо // ЖАХ. – 1966. – Т. 25. Вып. 12. – С. 2320–2327.
3. Дедкова В.П., Акимова Т.Г., Савин С.Б. Фотометрическое определение сульфат-ионов реагентом органиловым К // ЖАХ. – 1982. – Т. 36, №7. – 1358–1361.
4. Петрова Г.С., Бонвеч Т.В. Органические реактивы для определения неорганических ионов. Рацион. ассортимент: краткий справочник. – М.: НИИТЭХИМ, 1970. – 156 с.
5. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 542 с.
6. Intercomparison 1226: pH, Cond, Alk, NO₃-N, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K, TOC, Al, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu, Ni, and Zn. // Norwegian Institute for Water Research. – 2012. – 90 p.
7. Utsumi Satori, Oinuma Yoshiyuki, Isozaki Akinori, Spectrophotometric determination of the micro amounts of sulfate ion with dimethylsulfonazo III // Bunseki kagaku. – 1978. – №5. – P. 278–282.

УДК 543.062:[547.915.5+547.917:556.531.4]

Лозовик П.А., Ефремова Т.А., Сабылина А.В.
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН
(г. Петрозаводск)

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕВОДОВ И ЛИПИДОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ

P. Lozovik, T. Efremova, A. Sabylina
Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Center,
Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk

QUANTITATIVE DETERMINATION OF CONTENT OF CARBOHYDRATES AND LIPIDS IN SURFACE WATERS

Аннотация. Для количественного определения содержания общих углеводов и липидов в поверхностных водах модифицированы методики их определения (углеводов с L-триптофаном и липидов с фосфованилиновым реактивом), принятые для морских вод. В связи с жесткими условиями проведения реакций, положенных в основу методов, для получения воспроизводимых результатов анализ проводился по методу добавки при одновременном термостатировании проб и стандартных растворов.

Ключевые слова: углеводы, липиды, органическое вещество, поверхностные воды, спектрофотометрия.

Abstract. Methods for quantitative determination of total carbohydrates and lipids in marine waters have been modified for surface waters (carbohydrates with L-tryptophan and lipids with phosphovanillin reagents). Analysis was carried out by using the addition technique and simultaneous thermostating of standard and water samples that allowed us to obtain reproducible data.

Key words: carbohydrates, lipids, organic matter, surface water, spectrophotometry.

Органическое вещество (ОВ) в природных водах имеет в основном два источника происхождения. Это аллохтонное ОВ, поступающее с водосбора как продукт разложения наземной растительности и автохтонное ОВ, которое образуется в результате протекания продукционно-деструкционных процессов в самих водоемах. Углеводы и липиды являются составной частью автохтонного ОВ, а гумусовые вещества – аллохтонного.

Для определения углеводов и липидов в поверхностных водах были взяты за основу методики, широко применяемые в морской гидрохимии [2, с. 123]: L-триптофановый – для углеводов [3, с. 385-395], фосфованилиновый – для липидов [4, с. 1-13]. Выяснилось, что использование их напрямую для поверхностных вод не представляется возможным в связи с получением невоспроизводимых результатов анализа. По всей видимости, это связано с мешающим влиянием аллохтонного ОВ, которое, как известно, отсутствует в морских водах.

Следует отметить, что выделение и прямое определение сложных углеводов, содержащихся в биологических образцах, связано с большими экспериментальными трудностями. В настоящее время в биохимии не существует прямых методов определения углеводов. Об их содержании судят по количеству продуктов кислотного гидролиза, в результате которого происходит расщепление сложных углеводов до простейших с дальнейшим их превращением в производные фурфурола, которые затем определяют количественно.

В нашем случае использование методики [3, с. 385-395], показало, что в некоторых про-

© Лозовик П.А., Ефремова Т.А., Сабылина А.В., 2013.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований № 11 ОНЗ РАН «Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике».

бах воды с низким содержанием углеводов оптическая плотность растворов была меньше, чем в холостой пробе. Следующее обстоятельство, которое имело место, – это зачастую разный угол наклона градуировочного графика, но при этом высокая степень корреляции оптической плотности с концентрацией углеводов. При этом значение оптической плотности для холостой пробы было всегда за пределами графика. Причины таких отличий, по-видимому, связаны с особенностями химической реакции, положенной в основу метода, и с условиями ее проведения.

При анализе липидов по методике [4, с. 1-13] было установлено, что при построении градуировочных графиков на стандартных растворах олеиновой кислоты получалось постоянное значение ctg угла наклона графика, но разное его положение относительно начала координат. Как и в случае углеводов, была попытка осуществить анализ по градуировочному графику с добавкой и без добавки стандартного раствора олеиновой кислоты к анализируемому образцу. Выяснилось полное несоответствие результатов анализа: расчетное количество добавленной олеиновой кислоты оказывалось иногда в 2 раза больше, чем истинное.

В результате проведенной работы было выявлено, что использование напрямую методик, которые широко используются в морской гидрохимии для определения углеводов и липидов в поверхностных водах, невозможно, и потребовалась модификация методов их анализа, что и являлось целью работы.

Экспериментальная часть

Методика определения общих углеводов с L-триптофаном. Для получения воспроизводимых результатов анализа при определении углеводов в поверхностных водах одновременно осуществляется их анализ в исходной воде и в стандартных растворах глюкозы. Две пробы воды объемом 2 мл помещают в термостойкие колбы ($V=50$ мл), затем добавляют по 3 мл L-триптофанового реактива, смесь тщательно перемешивают и

ставят в термостат ($105\text{ }^{\circ}\text{C}$). Параллельно с пробой воды аналогичным образом обрабатывают 3 стандартных раствора (10, 15, 20 мг/л) и две пробы с добавкой стандартного раствора (10 мг/л). Через 30 минут растворы снимают, охлаждают до комнатной температуры и измеряют оптическую плотность образцов при $\lambda = 540$ нм относительно дистиллированной воды, в кюветах толщиной 2 см.

Реактивы: L-триптофановый реактив. В небольшом объеме концентрированной серной кислоты (около 100 мл) растворяют 25 г борной кислоты. Отдельно в 100 мл концентрированной H_2SO_4 растворяют 5 г L-триптофана. После полного растворения реактивов оба раствора сливают вместе и объем доводят концентрированной H_2SO_4 до 1 л. Реактив готовили на серной кислоте марки ос.ч. Его можно использовать только на третьи сутки и не более 1 месяца.

Основной стандартный раствор глюкозы (10 г/л). 1 г глюкозы растворяют в 100 мл дистиллированной воды. Промежуточный раствор глюкозы (100 мг/л). Основной раствор разбавляют в 100 раз дистиллированной водой. Рабочий раствор глюкозы (10 мг/л) получают путем 10-кратного разбавления промежуточного раствора.

Методика определения общих липидов с фосфованилиновым реактивом. Липиды из воды ($V = 400$ мл) экстрагируют три раза по 20 мл смесью Фолча (хлороформ-метанол-этанол, 2:1:1). Объединенные экстракты центрифугируют при 4000 об/мин в течение 10 мин, что позволяет добиться хорошего расслоения жидких фаз. Переносят центрифугат в делительную воронку, отделяют слой хлороформа от воды. Промывают остаток воды 2 мл CHCl_3 и присоединяют его к основному раствору. После этого экстракт выпаривают досуха на песчаной бане, и липиды растворяют в 5 мл CHCl_3 . Далее берут 7 пробирок из термостойкого стекла. В каждую из них приливают по 1 мл концентрированной H_2SO_4 марки ос.ч. В первую пробирку добавляют – 2 мл CHCl_3 ; во вторую, третью и четвертую пробирки – по 1 мл CHCl_3 и по 1 мл стандартного раствора олеиновой кислоты (30,

60, 90 мкг/мл); в 5 пробирку – 1 мл CHCl_3 и 1 мл экстракта, а в 6,7 пробирки – по 1 мл экстракта и по 1 мл стандартного раствора (30 и 60 мкг/мл). Содержимое пробирок перемешивают и ставят в термостат (105 °C) на 30 мин. Затем пробирки охлаждают и добавляют в них по 5,0 мл фосфованилинового реактива. Тщательно перемешивают растворы и ставят в темное место на 40 мин. После чего содержимое пробирок снова перемешивают и фотометрируют при $\lambda = 530$ нм и $\lambda = 460$ нм в кюветах толщиной 2 см относительно дистиллированной воды.

Реактивы:

- концентрированная серная кислота, марки ос.ч.;
- концентрированная ортофосфорная кислота, марки ос.ч.;
- ванилин (пищевой), перекристаллизованный из дистиллированной воды;
- оливковое масло, пропущенное через колонку с оксидом алюминия;
- фосфованилиновый реактив: 2 г ванилина растворяют в 150 мл воды, затем объем доводят до 1 л концентрированной H_3PO_4 (его можно использовать только на третьи сутки, устойчив в течение 1 месяца).

Стандартный раствор оливкового масла в хлороформе: взвешивают 0.0750 г оливкового масла на аналитических весах и количественно переносят в мерную колбу на 25 мл, доводят объем до метки хлороформом. Концентрация раствора равна 3,0 мг/мл. Рабочий раствор оливкового масла: 5 мл стандартного раствора доводят хлороформом до 100 мл. Его концентрация равна 150 мкг/мл.

Результаты и их обсуждение

Определение углеводов. Время и температура нагрева были несколько изменены по сравнению с оригинальной методикой [3, с.385-395]. Нагрев осуществлялся при 105°C в течение 30 минут. По методике [3, с.385-395] температура составляет 100°C, а время 15 минут. Увеличение температуры и времени позволило существенно повысить чувствительность метода. Так, при экспозиции проб

в термостате при 105°C в течение 10, 15, 20 и 30 минут уменьшалось значение ctg угла наклона градуировочного графика зависимости оптической плотности от концентрации глюкозы в следующей последовательности: 79, 71, 61, 48. В тоже время увеличение продолжительности реакции не приводило к изменению содержания углеводов в пробе в результате их термического разложения. Как уже отмечалось, для получения воспроизводимых данных анализ углеводов в исходной воде и с добавкой к ней раствора глюкозы осуществлялся одновременно со стандартными растворами. Обработка данных результатов анализа углеводов осуществлялась следующим образом. По оптической плотности стандартных растворов глюкозы строится градуировочный график и определяется уравнение линейной регрессии (рис. 1).

Относительно графика на рис. 1 наносятся две точки: одна, отвечающая оптической плотности пробы (A_1), а вторая – пробы с добавкой (A_2). Через эти точки проводится прямая линия таким образом, чтобы она проходила параллельно калибровочному графику, а точки A_1 и A_2 были равноудаленными от нее. Это позволяет найти среднее значение оптической плотности, связанной с поглощением света продуктов реакции углеводов с L-триптофаном. Далее используют коэффициент, полученный по градуировочному графику для стандартных растворов глюкозы, и рассчитывается количество углеводов в пробе воды. Непосредственно для пробы, представленной на рис. 1, расчет выполняется следующим образом:

$$\bar{A}_1 = A_1 - A_{\text{хол}} = 0,230 - 0,115 = 0,115$$

$$\bar{A}_2 = A_2 - A_{\text{стандарта}} = 0,413 - (0,023 \cdot 10 + 0,115) = 0,068.$$

Поскольку A_2 получена для образца воды с добавкой стандартного раствора глюкозы, необходимо учесть кратность разбавления. В нашем случае она составляла 1,05, поэтому значение $\bar{A}_2$ должно быть увеличено в 1,05 раза. Тогда среднее значение $\bar{A} = (\bar{A}_1 + 1,05 \bar{A}_2) / 2 = (0,115 + 1,05 \cdot 0,068) / 2 = 0,093$. Далее

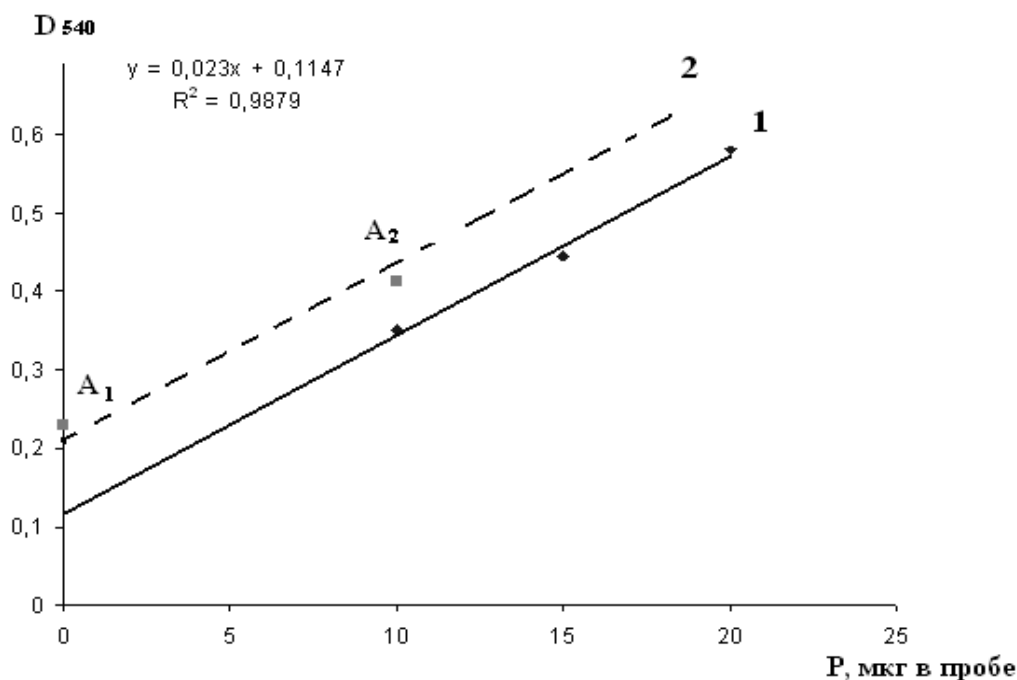


Рис. 1. Градуировочный график для определения углеводов:

1 — стандартные растворы; 2 — проба воды с добавкой (A_2) и без добавки стандартного раствора (A_1)

необходимо ввести поправку на поглощение пробы воды в результате обработки ее серной и борной кислотами ($A_{\text{хол.пробы}}$). Для данной пробы, $A_{\text{хол.пробы}} = 0,024$. В таком случае истинное количество углеводов в пробе составит:

$P = (\bar{A} - A_{\text{хол.пробы}}) \text{ctg } \varphi = (0,093 - 0,024) * 43,5 = 3,00 \text{ мкг в пробе.}$

С учетом того, что для анализа использовалось 2 мл пробы, истинная концентрация углеводов составит $C = 3,0 / 2 = 1,5 \text{ мг/л}$. Необходимость проведения такой процедуры анализа связана с тем, что $\text{ctg } \varphi$ для градуировочных графиков не является постоянной величиной. Его изменение за весь период анализов составил от 40 до 54 (среднее 48,0). С одной стороны, это связано с жесткими условиями проведения реакции, а с другой — со старением L-триптофанового реактива.

Для установления метрологических характеристик метода был проведен 6 раз анализ одной и той же пробы природной воды с добавкой к ней воды с планктоногенным ОВ. Были получены следующие данные по содержанию углеводов в ней: 8,6; 9,0; 9,8; 10,6; 9,7;

9,6 (среднее 9,6 мг/л). Стандартное отклонение составило 0,7 мг/л, а границы интервала относительной погрешности определения $\pm \delta$ — 5, 8 % ($n = 6$, $P = 0,95$).

Определение липидов. Анализ спектров поглощения продуктов реакции липидов с фосфованилиновым реактивом как на стандартных растворах олеиновой кислоты, так и на экстрактах из природной воды показал, что их положение для растворов с одной и той же концентрацией липидов не является постоянным. Для исключения этого фактора использовалось не абсолютное значение оптической плотности в максимуме спектра поглощения ($\lambda_{\text{max}} = 530 \text{ нм}$), а разность A_{max} и A_{min} . Последняя величина оптической плотности соответствует минимуму в спектре поглощения продуктов реакции ($\lambda_{\text{min}} = 460 \text{ нм}$). При этом нет необходимости осуществлять подготовку холостого экстракта, как это принято в оригинальной методике [4, с. 1-13]. Кроме того, для устранения мешающего влияния примесей и получения воспроизводимых результатов анализа, определение ли-

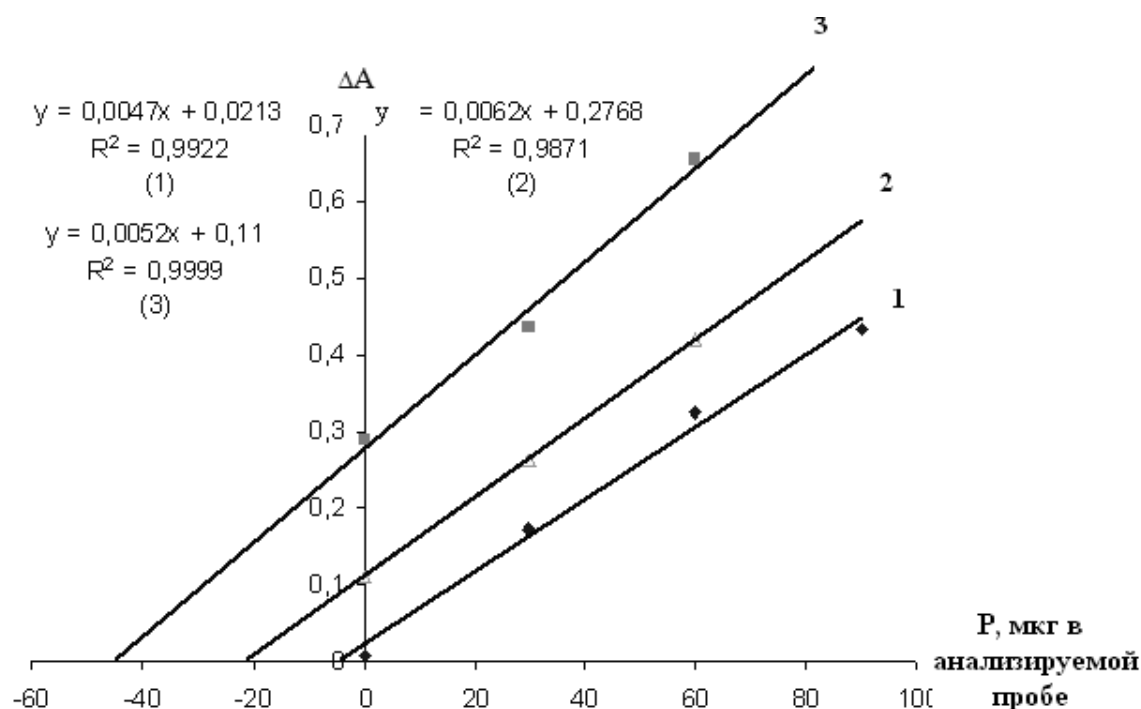


Рис. 2. Градуировочные графики для определения липидов:
1 – стандартные растворы; 2, 3 – экстракты из воды природных объектов

липов осуществляли по методу добавки [1, с. 544]. Для этого получали 2 уравнения линейной регрессии (для трех стандартных растворов, исходной пробы и с добавками к ней олеиновой кислоты). По разности концентрации, отвечающих нулевому значению $\Delta A = A_{530} - A_{460}$ для двух указанных выше градуировочных графиков, находили количество липидов в исходной пробе (см. рис. 2).

Непосредственно для проб, представленных на рис. 2, расчет выполнялся следующим образом:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 0.0047x + 0.0213 = 0, & X_1 &= -4.53, \\ Y_2 &= 0.0052x + 0.110 = 0, & X_2 &= -21.15, \\ P_2 &= -4.53 - (-21.15) = 16.6 \text{ мкг липидов в } 1 \\ &\text{мл экстракта,} \end{aligned}$$

$$C_2 = \frac{16.6 \cdot 5}{400} = 0.21 \text{ мкг/мл или } 0.21 \text{ мг/л,}$$

$$Y_3 = 0.0062x + 0.277 = 0, \quad X_3 = -44.65,$$

$$P_3 = -4.53 - (-44.65) = 40.1 \text{ мкг липидов в } 1 \text{ мл экстракта,}$$

$$C_3 = \frac{40.1 \cdot 5(V_{\text{экстракта, мл}})}{400(V_{\text{пробы, мл}})} = 0.50 \text{ мкг/мл или } 0.50 \text{ мг/л.}$$

В конечном итоге приведенная выше процедура анализа липидов в поверхностных водах позволила добиться получения воспроизводимых данных по их содержанию в образцах воды. Последнее подтверждается и результатами метрологических испытаний. Для этого был проведен 5 раз анализ одной и той же пробы природной воды с добавкой к ней воды с планктоногенным ОВ. В итоге были получены следующие результаты по содержанию липидов в ней: 0.56; 0.49; 0.62; 0.61; 0.59 мг/л (среднее 0.57 мг/л). Стандартное отклонение составило 0.05 мг/л, границы интервала относительной погрешности $\pm \delta$ - 8,8 % ($n = 5$, $P = 0.95$).

Таким образом, используя при определении углеводов и липидов одновременно метод градуировочной зависимости и метод добавок, удалось добиться получения воспроизводимых результатов анализа. Стандартное отклонение для углеводов при их

содержании 9,6 мг/л составило 0,7 мг/л, а относительная погрешность определения – 5,8 %, для липидов при их содержании 0,57 мг/л – 0,05 мг/л и 8,8 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Отто М. Современные методы аналитической химии. – 3-е изд. – М.: Техносфера, 2008. – 544 с.
2. Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры. – М.: ВНИРО, 2004. – 123 с.
3. Josefsson B., Uppsström Z., Östling Y. Automatic spectrophotometric procedures for the total amount of dissolved carbohydrates in sea water // Deep-Sea Res. – 1972. – V. 19. – P. 385–395.
4. Johnson K.M., Sieburth J., McN. Dissolved carbohydrates in seawater // Mar. Chem. – 1977. – V. 5. – P. 1–13.

УДК 544.723.2:556.114.7

Лозовик П.А., Мусатова М.В.

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН
(г. Петрозаводск)*

**МЕТОДИКА РАЗДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
ПРИРОДНЫХ ВОД АДсорбЦИЕЙ
НА ДИЭТИЛАМИНОЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЕ
НА АВТОХТОННУЮ И АЛЛОХТОННУЮ СОСТАВЛЯЮЩИЕ**

P. Lozovik, M. Musatova

*Northern Water Problems Institute
Karelian research center of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk*

**SEPARATION OF ORGANIC MATERIALS OF NATURE WATERS
INTO AUTOCHTHONOUS AND ALLOCHTHONOUS COMPONENTS
BY DIETHYLAMINOETHYL-CELLULOSE ADSORPTION**

Аннотация. Для разделения органического вещества (ОВ) природных вод на аллохтонную и автохтонную составляющие может быть использована адсорбция на диэтиламиноэтилцеллюлозе. Проведенные исследования с высокогумусной водой, планктонным ОВ и их смесью, как и на образцах природной воды, показали, что разделение ОВ в разработанном режиме адсорбции достаточно полное и оно может быть использовано для анализа ОВ природных вод.

Ключевые слова: адсорбция, диэтиламиноэтилцеллюлоза, аллохтонное органическое вещество, автохтонное органическое вещество.

Abstract. Adsorption on diethylaminoethyl cellulose can be used for separation of organic matter of nature waters on autochthonous and allochthonous components. The experiments with high humic water, planktonic organic matter, their composition and nature water samples indicated that separation of organic matter under developed conditions of adsorption is sufficiently absolute and can be used for analysis of organic matter of nature water.

Key words: adsorption, diethylaminoethyl cellulose, allochthonous organic matter, autochthonous organic matter.

Органическое вещество (ОВ) природных вод делится на две группы в зависимости от источника происхождения: автохтонное и аллохтонное ОВ. Первое образуется в самом водоеме в результате протекания продукционно-деструкционных процессов, второе представлено веществами гумусовой природы, поступающих в водоемы с водосборной территории. В настоящее время нет надежных количественных методов оценки содержания автохтонного и аллохтонного ОВ, хотя имеется достаточно много качественных. Так, хорошо известно, что аллохтонное ОВ легко окисляется перманганатом калия, а автохтонное – трудно, и по соотношению ПО/ХПК судят о преобладании того или иного вида ОВ [4]. В автохтонном ОВ отношение С:N ниже, чем в аллохтонном. Кроме того, известно, что аллохтонное ОВ биохимически трудноокисляемое, а автохтонное – легкоокисляемое. Аллохтонное ОВ отличается от автохтонного ОВ по интенсивности окраски в видимой области спектра. В этом отношении хорошо известно образное выражение Б.А. Скопинцева: «автохтонное ОВ – это светлый гумус, аллохтонное ОВ – это темный гумус» [5].

Для выделения гумусовых веществ из воды широко используется их адсорбция на диэтиламиноэтилцеллюлозе (ДЭАЭ-целлюлоза) [3; 5]. Поскольку аллохтонное ОВ представлено

большей частью гумусовыми веществами, то логично попытаться применить эту методику для разделения ОВ природных вод на автохтонную и аллохтонную составляющие. В тоже время, в какой мере ее можно использовать для оценки содержания этих групп веществ – остается неясным. Поэтому целью данного исследования является выявление степени адсорбции аллохтонного (гумусовой природы) и автохтонного (планктоногенного) ОВ на ДЭАЭ-целлюлозе для характеристики их содержания в природных водах.

Экспериментальная часть

Подготовка ДЭАЭ-целлюлозы. Подготовка смолы для опытов проводилась по следующей схеме. Сухую ДЭАЭ-целлюлозу (25 г) помещали в литровый стакан и заливали дистиллированной водой при перемешивании. После осаждения основной массы адсорбента воду над осадком удаляли декантацией. Данная операция проводилась до тех пор, пока вода над адсорбентом не становилась совершенно прозрачной. Затем ДЭАЭ-целлюлозу обрабатывали 250 мл 0,5 М раствора соляной кислоты. Промывку адсорбента осуществляли многократно дистиллированной водой до нейтральной реакции и затем обрабатывали 250 мл 0,5 М раствора гидроксида натрия (промывку осуществляли многократно дистиллированной водой до нейтральной реакции). Поочередную обработку адсорбента кислотой и щелочью осуществляли 5 раз. По завершении этих операций целлюлозу фильтровали на фильтре Шотта №1. Далее адсорбент промывали 100 мл этилового спирта и дистиллированной водой до полного удаления спирта (полноту удаления спирта контролировали по ХПК промывных вод).

На последнем этапе ДЭАЭ-целлюлозу снова обрабатывали 250 мл 0,5М раствора гидроксида натрия и дистиллированной водой до нейтральной реакции. Полученную суспензию адсорбента переносили в колбу и перед использованием всякий раз взбалтывали. Указанная выше процедура подготовки смолы, в отличие от принятой ускоренной

обработки путем фильтрации растворов через смолу под вакуумом, позволила получить высококачественный адсорбент, который не влиял на характеристики воды (при добавлении 1 мл суспензии к 100 мл дистиллированной воды ХПК было меньше 1 мгО/л, $\text{NH}_4^+ < 0,02 \text{ мгN/л}$).

Методика разделения. Адсорбция осуществлялась путем добавления 1 мл водной суспензии ДЭАЭ-целлюлозы (50 мг/мл) к 100 мл воды и пропусканием полученного раствора через фильтр Шотта №1. Повторную адсорбцию проводили с фильтратом и таким образом удавалось получить фильтраты воды, отвечающие разному количеству суспензии адсорбента (1 мл, 1+1, 1+1+1, 1+1+1+1 мл). Всякий раз пробу фильтровали через один и тот же фильтр Шотта с наличием на нем адсорбента от предыдущей адсорбции. За эффектом адсорбции следили по ХПК исходной воды ($\text{ХПК}_{\text{исх}}$), воды после центрифугирования ($\text{ХПК}_{\text{центр}}$) и после адсорбции ($\text{ХПК}_{\text{после адс}}$), а также по перманганатной окисляемости и содержанию $\text{N}_{\text{орг}}$. Химическое потребление кислорода устанавливали окислением органических веществ дихроматом калия в сернокислой среде. Азот органический рассчитывали по разности общего и неорганического азота. Общий азот определяли персульфатным окислением в щелочной среде всех форм азота до нитратов, аммоний – индофенольным методом, сумму нитритов и нитратов – восстановлением на медно-кадмиевом редукторе [2]. Центрифугирование проб воды для удаления взвеси осуществляли при 3500 тыс. об./мин. в течение 15 минут.

Результаты и их обсуждение

Основной задачей исследования было подобрать оптимальное количество адсорбента для максимально эффективного разделения ОВ. Если добавить слишком мало адсорбента, то часть аллохтонного ОВ не будет адсорбирована, а если слишком много, то начнет адсорбироваться автохтонное ОВ. Для решения этой проблемы были проведены опыты с различными добавками адсорбента к образ-

цам воды разного генезиса. При определении степени адсорбции аллохтонного ОВ брали высокогумусную воду из природного объекта с цветностью около 200 град, автохтонного ОВ – воду с планктоногенным ОВ, полученным в лабораторных условиях при цветении хлореллы. Аналогично проводили анализ смеси высокогумусной воды и планктоногенного ОВ (1:1 по объему).

В опыте с высокогумусной водой заметен интенсивный рост адсорбции (до 78%) при последовательном увеличении количества адсорбента (до 4 мл). Меньший эффект адсорбции наблюдается для планктоногенного ОВ, где уже, начиная со второй порции адсорбента, процент адсорбции достигает 26%, который слабо возрастает при дальнейшем увеличении добавок ДЭАЭ-целлюлозы. Для смеси высокогумусной воды и воды с планктоногенным ОВ получен почти линейный рост адсорбции. Кривая адсорбции находится между кривой для высокогумусной воды и планктоногенного ОВ, что указывает на эффективное разделение ОВ (рис. 1а). Анализируя полученные данные, следует отметить, что при использовании адсорбции в таком режиме («по типу экстракции») на ДЭАЭ-целлюлозе удастся разделить ОВ природных вод на аллохтонную и автохтонную состав-

ляющие, но это разделение неполное. Если сравнить адсорбцию после пропускания образцов воды через слой адсорбента различной толщины (0,5, 1,0, 1,5, 2,0 см) в колонках диаметром 1 см (рис. 1б), то видно, что такого четкого разделения как в первом случае, не имеется, и разделить ОВ на составляющие в таком режиме адсорбции не представляется возможным. В тоже время чаще всего используется именно такой вид адсорбции для выделения гумусовых веществ из воды.

Для установления зависимости степени адсорбции от концентрации аллохтонного и автохтонного ОВ были дополнительно проведены опыты по адсорбции ОВ из образцов высокогумусной воды, разбавленной в 2 и 4 раза, а также опыты с планктоногенным ОВ с разным его содержанием. Для анализа экспериментальных данных использовалось классическое уравнение Ленгмюра в его линейной форме. За величину адсорбции принималась разность концентрации ОВ в исходной воде до и после адсорбции. Полученные результаты представлены на рис. 2, 3. Как видно из рисунков, наблюдается высокая степень корреляции между $1/\Gamma$ и $1/C$. Из этих данных следует, что степень адсорбции аллохтонного ОВ выше в 1,6 раза, чем автохтонного ОВ.

Другое обстоятельство, которое имеет

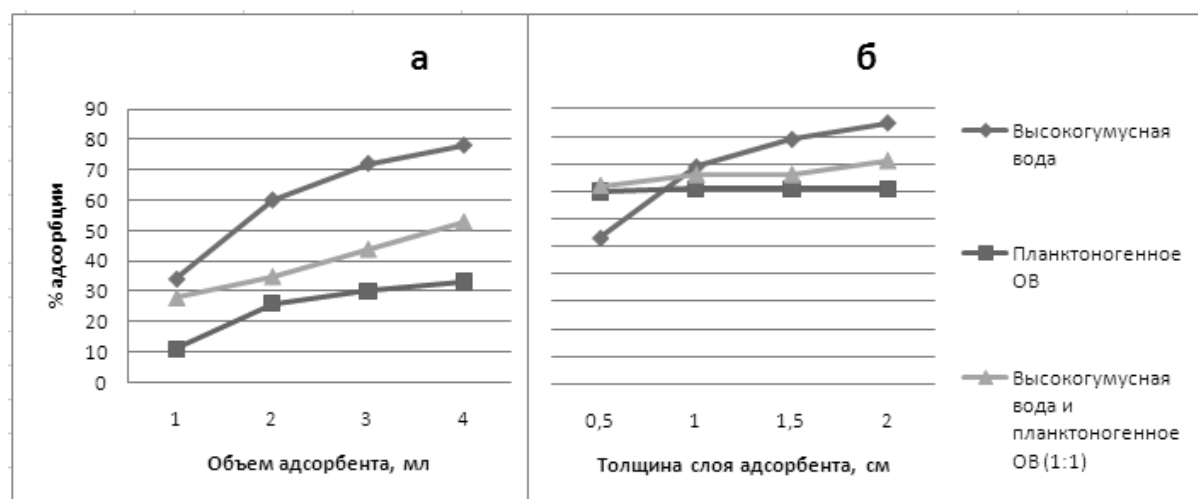


Рис. 1. Зависимость процента адсорбции от общего количества добавляемого адсорбента (а) и от толщины слоя адсорбента в колонке (б).

значение – это наличие взвешенных веществ. При их присутствии степень адсорбции растворенного планктоногенного ОВ уменьшается (табл. 1). Так, после добавления 2, 3 и 4 порций адсорбента ХПК воды после адсорбции близки к ХПК растворенного ОВ. Взвешенное планктоногенное ОВ блокирует часть

активных центров адсорбента, его эффективность уменьшается, что не позволяет в полной мере адсорбироваться растворенному автохтонному ОВ (см. рис. 1).

Последнее обстоятельство удалось установить при исследовании содержания автохтонного и аллохтонного ОВ на 9 разно-

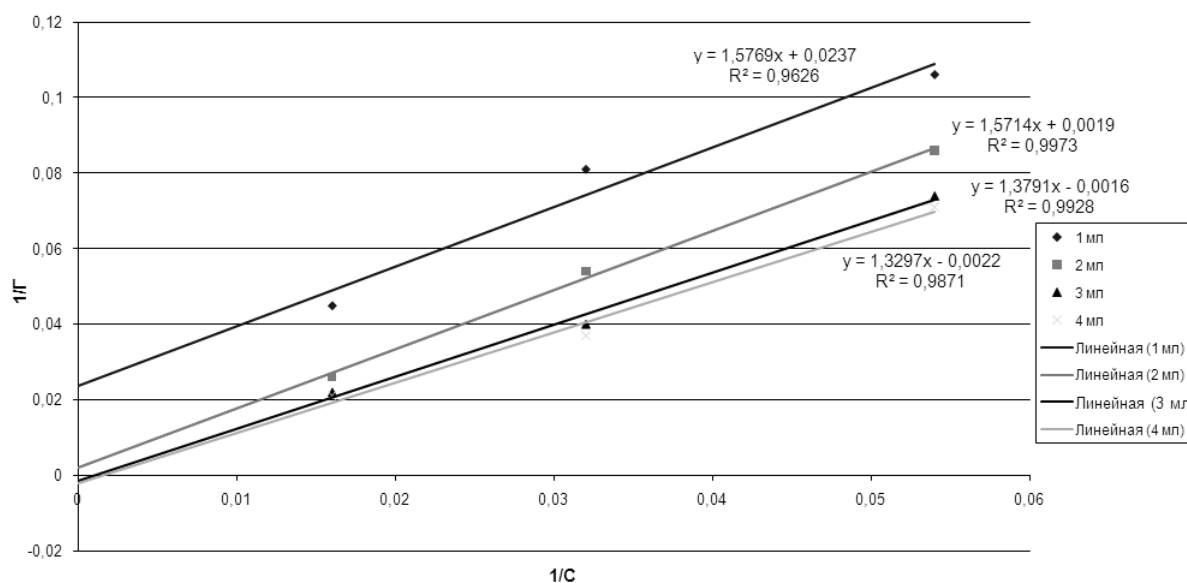


Рис. 2. Зависимость $1/\Gamma$ от $1/C$ для высокогумусного ОВ

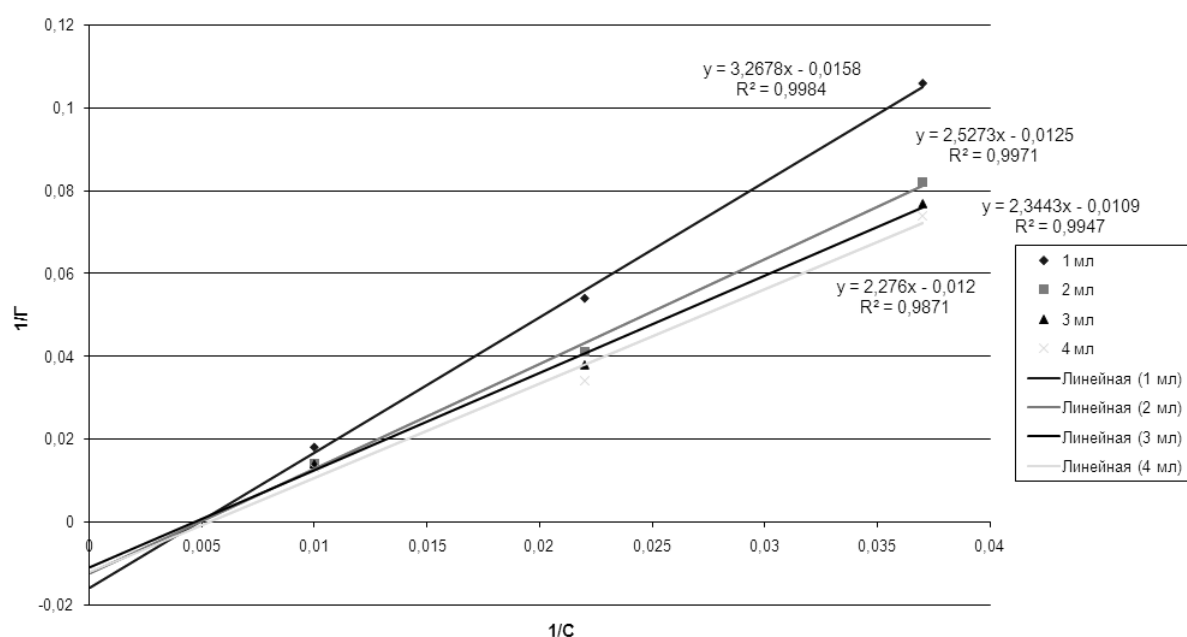


Рис. 3. Зависимость $1/\Gamma$ от $1/C$ для планктоногенного ОВ

Таблица 1

Величины ХПК (мгО/л) воды с планктоногенным ОВ до и после адсорбции

Образец воды	Кол-во адсорбента, мл	Время от начала постановки опыта, сутки			
		6	12	24	30
Исходная (ХПК _{исх})	-	26,8	42,5	48,8	99,7
Центрифугированная (ХПК _{центр})	-	19,6	20,8	22,8	30,6
После адсорбции (ХПК _{после адс.})	1	17,4	22,6	30,8	44,6
	2	14,4	20,3	23,2	30,3
	3	13,8	16,8	18,0	27,8
	4	13,2	14,8	16,1	21,9

типных озерах Карелии в различные сезоны года. Для оценки содержания отдельных составляющих ОВ природных вод на основе адсорбции использовались 2 мл адсорбента (1+1 мл) для олиго- и мезогумусных вод, 3 мл (1 + 1 + 1 мл) – для мезополигумусных и 4 мл (1 + 1 + 1 + 1 мл) – для высокогумусных (табл. 2). В первом приближении будем считать, что доля адсорбции растворенного ОВ (($\rho_{\text{адс}}^{\text{раств}}$) равна доле содержания растворенного аллохтонного ОВ (($\rho_{\text{авт}}^{\text{раств}}$)). Непосредственно расчет показателей содержания автохтонного и аллохтонного ОВ выполнялся по следующим формулам:

$$(\rho_{\text{адс}}^{\text{раств}}) = \frac{\text{ХПК}_{\text{центр}} - \text{ХПК}_{\text{после адс.}}}{\text{ХПК}_{\text{центр}}}; (\rho_{\text{адс}}^{\text{раств}}) = (\rho_{\text{алл}}^{\text{раств}});$$

$$(\rho_{\text{авт}}^{\text{раств}}) = 1 - (\rho_{\text{адс}}^{\text{раств}}); (\text{ХПК}_{\text{авт}}^{\text{раств}}) = \text{ХПК}_{\text{центр}} \cdot (\rho_{\text{авт}}^{\text{раств}});$$

$$\text{ХПК}_{\text{авт}} = (\text{ХПК}_{\text{авт}}^{\text{раств}}) + \text{ХПК}_{\text{взв}};$$

$$\rho_{\text{авт}} = \frac{\text{ХПК}_{\text{авт}}}{\text{ХПК}_{\text{исх}}} \text{ (для периода открытой воды);}$$

$$\rho_{\text{авт}} = \frac{(\text{ХПК}_{\text{авт}}^{\text{раств}})}{\text{ХПК}_{\text{исх}}} \text{ (для зимнего периода),}$$

где: ХПК_{после адс} – ХПК после адсорбции, ($\rho_{\text{алл}}^{\text{раств}}$) – доля растворенного аллохтонного ОВ, ($\text{ХПК}_{\text{авт}}^{\text{раств}}$) – ХПК растворенного автох-

тонного ОВ, ХПК_{авт} – ХПК автохтонного ОВ, ХПК_{взв} – ХПК взвеси.

Данные табл. 2 наглядно свидетельствуют, что доля растворенного аллохтонного ОВ, получаемая по адсорбции, близка к расчетной по эмпирической формуле $\rho_{\text{авт}} = 0,62 \text{ХПК}_{\text{центр}} / \text{Hum} - 0,35$, где Hum – гумусность воды ($\sqrt{\text{ПО} \cdot \text{ЦВ}}$) [1]. Наибольшие отличия отмечены для высокогумусных (Вегаурсъярви и Салонъярви) и низкогумусных озер (Урос и Урозери), что, по-видимому, связано с неполным осаждением гумусовых веществ на ДЭАЭ-целлюлозе для первых двух озер и с погрешностью расчета $\rho_{\text{авт}}$ для двух последних.

Анализ данных по отношению ПО/ХПК и С:N для образцов исходной воды и после адсорбции гумусовых веществ на ДЭАЭ-целлюлозе показал, что в результате адсорбции в воде уменьшается отношение ПО/ ХПК и С:N. Так, средние значения ПО/ХПК в исследованных образцах воды составили 0,40, а С:N – 17, а после адсорбции они стали 0,27 и 7,0 соответственно, значения которых соответствуют этим показателям для автохтонного ОВ [4]. Полученные данные свидетельствуют, что, действительно, применяя адсорбцию ОВ на ДЭАЭ-целлюлозе «по типу экстракции», можно в определенной степени разделить ОВ природных вод на две составляющие – автохтонную и аллохтонную.

Таблица 2

**Средние значения ХПК (мгО/л) в центрифугированной воде
и после адсорбции ОВ на ДЭАЭ-целлюлозе в различных озерах**

Озеро	ХПК _{исх}	ХПК _{центр}	ХПК _{после} адс.	($\rho_{\text{адс}}$) раств	$\rho_{\text{алл}}$ [*]	$\frac{\rho_{\text{алл}}}{\rho_{\text{авт}}}$ ^{**}	(ХПК _{авт}) раств
Урос	11,5	10,6	4,6	0,57	0,32	0,56	5,9
Вендюрское	18,5	16,0	5,7	0,64	0,61	0,37	5,9
Вегарус	39,6	37,0	10,0	0,73	0,84	0,22	8,1
Салонъярви	48,2	46,3	11,9	0,74	0,89	0,19	8,8
Крошнозеро	33,5	30,2	11,2	0,63	0,69	0,34	10,3
Святозеро	23,1	16,1	8,0	0,50	0,50	0,50	8,1
Валгомозеро	20,4	18,0	9,8	0,46	0,39	0,58	10,2
Яндомозеро	26,7	21,5	11,2	0,48	0,52	0,50	10,8
Урозеро	8,7	6,8	4,8	0,29	0,37	0,67	4,6

Примечание. ^{*} – расчетное значение по ХПК и гумусности воды, ^{**} – среднее значение по адсорбции и гумусности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Сироткина И.С. Фракционирование, количественное определение и изучение некоторых основных компонентов растворенных органических веществ природных вод // Гидрохим. материалы. – 1973. – Т. 59. – С. 143–151.
2. Лозовик П.А. Аллохтонное и автохтонное органическое вещество в поверхностных водах Карелии / П.А. Лозовик, А.К. Морозов, М.Б. Зобков и др. // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34 (№ 2). – С. 225–237.
3. РД 52.24.40–87. Методические указания. Определение гумусовых веществ в природных водах. – Ростов н/Д.: ГХИ, 1987. – 12 с.
4. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 1 / под ред. Л. В. Боевой. – Ростов-на-Дону: НОК, 2009. – 1044 с.
5. Скопинцев Б.А., Гончарова И.А. Использование значений отношений различных показателей органического вещества природных вод для его качественной оценки // Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 95–117.

УДК 535.71

**Стовбун С.В.¹, Скоблин А.А.¹, Занин А.М.¹, Литвин Я.А.¹,
Твердислов В.А.², Кирсанкин А.А.¹, Гришин М.В.¹, Шуб Б.Р.¹**

¹Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (г. Москва)

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ФОРМИРОВАНИЕ ХИРАЛЬНЫХ СТРУН

**S. Stovbun¹, A. Skoblin¹, A. Zanin¹, Y. Litvin¹,
V. Tverdislov², A. Kirsankin¹, M. Grishin¹, B. Shub¹**

¹N.N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow

²M.V. Lomonosov Moscow State University

FORMATION OF CHIRAL STRINGS

Аннотация. Экспериментально исследовано инициирование формирования струн в низкоконцентрированных растворах хиральных соединений. Области инициирования классифицированы по размерности: (0-3)d. Установлено, что нульмерные области инициирования на масштабах 1-10 нм представляют собой сложно организованные нуклеации. Исследованы различные варианты их структуры. Рассмотрен диполь-дипольный механизм образования анизотропной нуклеации в мезофазе. Оценена роль дисперсионных взаимодействий ~ 0.3-0.4 эВ при сборке супрамолекулярных стопок. Определены пороги струнообразования в хиральных смесях. Установлен и исследован феномен формирования парных струн.

Ключевые слова: хиральность, энантиомеры, рацемат, струны, нуклеации, дисклинации, Ван-дер-Ваальсово взаимодействие.

Abstract. Initiation of the formation of strings in low-concentration chiral solutions is investigated experimentally. The domains of initiation are classified by dimensions: (0-3) d. It is found that the zero-dimensional regions of initiation are complexly arranged nucleations on the scales of 1–10 nm. Various embodiments of the structure are investigated. The dipole–dipole mechanism of the formation of anisotropic nucleation in mesophase is investigated. The role of dispersive interactions ~ 0.3–0.4 eV in the assembly of supramolecular piles is evaluated. Threshold values of string formation in chiral mixtures are determined. The phenomenon of paired strings formation is established and studied.

Key words: chirality, enantiomers, racemates, strings, nucleation, disclinations, Van der Waal's interactions.

Постановка задачи

В настоящей работе подробно исследуется феноменология формирования хиральных струн, включая механизмы формирования определенной ранее феноменологически анизотропной нуклеации [8]. Феномен упругих компактных супрамолекулярных струн, то есть спонтанно формирующихся в гомохиральных растворах хиральных соединений анизометрических структур (коэффициент анизометрии A , то есть отношение длины $L \ll 1$ мм к диаметру d : $A = 10^2$ - 10^4), с диаметром, постоянным по длине струны, прямолинейных на расстояниях до 10^{-2} см, обладающих заметной механической упругостью и инертной боковой поверхностью, подробно описан [5;7;9;13;14;16].

Материалы и методы

Исследовались растворы трифторацетилованных аминспиртов (ТФААС) и их ксереги. ТФААС были синтезированы в Лаборатории стереохимии ИХФ РАН по методике [9]. ТФААС-2 ахирален, остальные соединения хиральны, буквами S и R обозначаются соответ-

ственно левые и правые энантиомеры, ТФА-АС-4 – двухирален (энантиомер SS имеет два левых хиральных центра). Растворители – гептан, бензол, кумол, гексан, ацетон, чистота 99,9%, поставщик – фирма Химмед, а также дистиллированная вода. Структурные формулы ТФААС приведены в табл. 1.

Использовались оптические микроскопы (ОМ) МИКМЕД-6 (ЛОМО, Россия) и CARL ZEISS JENA (Германия), оптический цифровой микроскоп (ОЦМ) NIKON (Япония), инвертированный оптический микроскоп (ИОМ) Leica DMI 6000, а также компьютерный оптический стенд (КОС) на основе микроскопа BX51 «OLYMPUS» (Research system microscope, OLYMPUS CORPORATION, Япония). Жидкие растворы исследовались в за-

паянных плоских капиллярах, исключающих испарение растворителя. Для получения ксерогеля для оптического микроскопирования каплю раствора наносили на гладкую предметную поверхность (стекло, пластмасса) и дожидались испарения растворителя. При исследовании порога струнообразования в многокомпонентных растворах, для каждого состава раствора ТФААС (характеризуемого процентной долей всех его составляющих в общем количестве растворенного вещества) производилось оптическое микроскопирование образца соответствующего ксерогеля, и была достоверно выявлена пороговая концентрация струнообразования C^* , ниже которой, при исходной концентрации раствора $C < C^*$, струны в ксерогеле практически от-

Таблица 1

Структурные формулы исследовавшихся ТФААС

1		2	
3		4	
5		6	
7		8	

сутствуют, а выше которой, при $C \geq C^*$, интенсивно образуются.

Использовался также атомно-силовой микроскоп (АСМ) Solver HV (НД-МДТ, Зеленоград). Для получения ксерогеля для АСМ образец раствора (10 мкл) наносился из шприца на поверхность стандартной кремниевой пластины, используемой в микроэлектронной промышленности (полированный кремний, шероховатость не выше 15 нм). После высыхания капли образец устанавливался в АСМ.

Применялись полуконтактный режим и режим фазового контраста (РФК) работы АСМ. В полуконтактном режиме кварцевым генератором возбуждаются резонансные высокочастотные колебания (250 кГц) кантилевера АСМ с достаточно большой амплитудой. При сканировании образца происходит измерение распределения перпендикулярных к поверхности образца перемещений кантилевера, которые служат базой данных для построения топографического изображения (рельефа) поверхности. В РФК используется распределение по поверхности значения фазового сдвига вынужденных колебаний кантилевера, вызванного взаимодействием кантилевера с поверхностью.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

В настоящей работе с помощью оптической микроскопии было установлено, что спонтанное формирование струн в растворах инициировано нуклеациями, имеющими визуально признаки разных метрик:

- нуклеации с размерностью – 0d (множество практически точечных областей, из которых растут веера струн: см. рис. 1);
- линейные структуры – 1d (цепочка расположенных вдоль одномерной линии центров нульмерной конденсации, из которых растут веера струн: см. рис. 2);
- поверхности раздела фаз – 2d (рост струн инициирован двумерной поверхностью предметного стекла: см. рис. 3);
- объемные области – 3d (струны достаточно равномерно растут из случайных точек

трехмерной области раствора: см. рис. 4);

- затравочные микрокристаллики (рис. 5).

Такой подход позволяет привести сотни микросюжетов инициирования струн к четырем физически очевидным для гетерогенной системы [3] топологическим группам (0-3) d, несмотря на их геометрические различия. Возникновение такого метрического разнообразия нуклеаций струн является следствием и одновременно свидетельствует о процессах самоорганизации в низкоконцентрированных растворах хиральных соединений.

Рассмотрим субмикроскопическую структуру нуклеации. В ксерогеле гомохиральной капли ТФААС-4 отчетливо виден скелет, образованный множеством хаотически расположенных струн (рис. 6). Множественное рождение струн из одной нуклеации в гептане подтверждается также оптическим микроскопированием (рис. 7, 8). Естественно предположить, что причиной инициирования струн во всех перечисленных случаях является флуктуация плотности гомохирального ТФААС [11], возникающая, например, при тривиальной агрегации дифифильных молекул [1].

Экспериментально установлено, что суперспирализованные микроскопические струны всегда, как в случае неплотных струн в гептане (рис. 9), так и в случае плотных компактных струн в циклогексане (рис. 10), состоят из множества более или менее плотно объединенных тонких, элементарных струн, которые имеют диаметр менее 0.1 мкм [5-6]. Элементарная струна компактна и неделима, не содержит растворителя и при высыхании раствора сохраняет свою геометрию и ближний порядок, что подтверждается данными рентгенструктурного анализа [4; 10; 12]. Это позволяет ожидать сохранения элементарных струн в структуре нуклеаций в ксерогеле. Действительно (рис. 6, 8, 11, 12), последовательные стадии высыхания нольмерной области инициирования (отдельной нуклеации) показывают, что струны и скелет капли имеют генетическую связь. Элементарные струны, образующие скелет капли, не содержат внутри себя особых точек и не пересекаются (рис. 6, 12). Таким образом, ани-

зотропную нуклеацию можно рассматривать как хаотический набор изотропно растущих элементарных струн. При больших временах наблюдения $\sim 10^2$ с из такой нульмерной нуклеации образуется множество струн, направленных в полный телесный угол (рис. 8, 13) или отдельные сектора (рис. 1, 11, 14).

Измерения и оценки показывают, что величины дипольных моментов для ТФААС лежат в диапазоне $d \sim 3-4$ Д. Полученный результат указывает на важную роль диполь-дипольного взаимодействия при формировании анизометрических структур. Так, в случае антипараллельного расположения одинаковых диполей, их энергия связи на расстоянии r друг от друга: $W_d = d^2/r^3$. Диполи сохраняют антипараллельную ориентацию, если тепловое движение не может разрушить ее, то есть если $W \sim kT$ (k – постоянная Больцмана, T – температура). Оценки показывают, что для $d = 4$ Д, $W_d \sim kT$, если $r \sim 0.7-1$ нм. При больших расстояниях энергию связи диполей необходимо усреднить по их взаимной ориентации с учетом гиббсовского фактора, что приводит к следующему выражению для энергии связи (кезмова энергия):

$$W_k = d^4/3 kTr^6 \text{ или } W_k = C^* / r^6 C^* = 1.6 \cdot 10^{-57} \text{ эрг см}^6, \quad (1)$$

(для $d = 4$ Д), так что при $r > 1$ нм влияние диполь-дипольного (кезмова) взаимодействия за пределами молекулы становится много меньше kT [1]. С другой стороны, Ван-дер-Ваальсова энергия взаимодействия комплементарного взаимодействия двух молекул:

$$W_v = Cn / r^6, \quad (2)$$

где характерное значение константы: $C \approx (1-5) \cdot 10^{59}$ эрг см⁶, n – число комплементарных пар атомов во взаимодействующих молекулах, расположенных на расстоянии r друг от друга. При $n \approx 10-15$, что характерно для молекул ТФААС, $Cn \approx (1-7) \cdot 10^{-58}$ эрг см⁶ $\ll C^*$, то есть комплементарное Ван-дер-Ваальсово взаимодействие молекул на расстоянии ~ 1 нм оказывается существенно меньше энергии диполь-дипольного (кезмового) вза-

имодействия и, соответственно, тепловой энергии [1].

Обнаруженный хаотический характер образования элементарных струн может быть связан с конденсацией ТФААС в капле мезофазы (рис. 12). Так, вероятнее всего, в мезофазе возможно спонтанное появление линейных ассоциатов с нулевым дипольным моментом. Этот механизм следует из вида Гамильтониана диполь-дипольного взаимодействия, который в Фурье-представлении является суммой по независимым Фурье-компонентам [14]:

$$U = (8\pi/3) \int_{k \neq 0} d^3k \mathbf{P}_{\parallel}(\mathbf{k}) \mathbf{P}_{\parallel}^*(\mathbf{k}) - (4\pi/3) \int_{k \neq 0} d^3k \mathbf{P}_{\perp}(\mathbf{k}) \mathbf{P}_{\perp}^*(\mathbf{k}), \quad (3)$$

где жирно выделены векторы, $\mathbf{k}$ – аргумент Фурье-преобразования, $k=|\mathbf{k}|$, звезда означает комплексное сопряжение, $\mathbf{P}(\mathbf{k})$ – поляризация в Фурье-представлении, и введены ее продольная $\mathbf{P}_{\parallel}(\mathbf{k})$ и поперечная $\mathbf{P}_{\perp}(\mathbf{k})$ компоненты:

$$\mathbf{P}_{\parallel}(\mathbf{k}) = (\mathbf{P}(\mathbf{k}) \mathbf{k}) \mathbf{k} / k^2, \mathbf{P}_{\perp}(\mathbf{k}) = \mathbf{P}(\mathbf{k}) - \mathbf{P}_{\parallel}(\mathbf{k}). \quad (4)$$

Продольная поляризация дает положительный вклад в энергию, а поперечная поляризация – отрицательный, так что минимуму (3) отвечает чисто поперечная поляризация системы. Она реализуется, в частности, для коллинеарных ассоциатов с антипараллельными дипольными моментами и со средней поляризацией, равной нулю (что на примере двух диполей вообще очевидно). При этом энергия определяется только полным интегралом квадрата модуля (чисто поперечной) поляризации и не зависит от деталей распределения поляризации. В силу этого, минимуму дальнего действия гамильтониана (3) отвечает большое количество конфигураций поперечной поляризации. В растворе происходит их непрерывный термически активируемый перебор, что математически описывается как блуждание фазовой точки системы по энергетической поверхности, соответствующей минимуму энергии (3). При этом конфигурации, отвечающие также и

минимуму короткодействующего потенциала, то есть соответствующие объединению молекул ТФААС с учетом комплементарности межмолекулярного взаимодействия (для хиральных соединений), отбираются из перебираемых конфигураций и «замораживаются» короткодействующими силами.

С учетом величины связывающего молекулы ТФААС в мезофазе диполь-дипольного взаимодействия, расстояния между молекулами ТФААС в мезофазе $\sim 0.7-0.8$ нм, что близко к сумме их Ван-дер-Ваальсовых радиусов. Это означает возможность спонтанной конденсации ТФААС в мезофазе таким образом, что дипольные моменты молекул в образующемся агрегате, вероятнее всего, антиколлинеарны. В агрегатах гомохиральные молекулы, по-видимому, образуют комплементарные стопки с винтовой симметрией и связаны сильным $\sim 0.4-0.5$ эВ дисперсионным взаимодействием [8]. Действительно, величина дисперсионного взаимодействия, оцененная по формуле (2) для двух комплементарно расположенных молекул как элемента стопки (где расстояние между атомами, входящими в комплементарные пары соседних молекул, $r \approx 2.7-3$ Å, и число комплементарных пар атомов в соседних молекулах $n = 10-15$) приводит именно к такой величине.

В мезофазе конденсация ТФААС может приводить к образованию одномерных дисклинаций и доменов, которые выполняют роль анизотропных нуклеаций (рис. 12). Тонкие (элементарные) струны, из которых состоит толстая струна, также, судя по всему, генетически связаны с дисклинациями в мезофазе (рис. 15). При этом квазиодномерная дисклинация может обеспечивать эффективную сборку стопок комплементарных гомохиральных молекул. По-видимому, в одномерной дисклинации происходит конденсация в квазиодномерную фазу струны при меньшем количестве вещества, чем требуется для изотропной кристаллизации, когда число сконденсировавшихся молекул $N \sim D^3$ (D – диаметр области).

Оценка размера D трехмерной кристаллической нуклеации может быть проведена

с помощью энтропийного критерия наноразмерности, который можно сформулировать следующим образом: поверхностная энергия наночастицы W_s в пересчете на одну молекулу имеет тот же порядок, что и тепловая:

$$W_s / N \sim k T, \quad (5)$$

где N – число молекул в наночастице. Отсюда, для величины поверхностного натяжения σ , характерного для органических растворителей или воды, соответственно получаем $N \sim 10^5-10^6$. Дальнейшее увеличение размера наночастицы D и нарушение условия (5) должно приводить к образованию дальнего порядка 3d-решетки и изотропной конденсации ТФААС. С другой стороны, при формировании анизотропной нуклеации на линии дисклинации длиной $l \sim 0.5$ мкм и меньше (рис. 8, 12) число молекул, образующих анизотропную нуклеацию, не более $N \sim l/a \sim 10^3$ ($a \sim 5-7$ Å – размер молекулы ТФААС). Следовательно, этот механизм гомохиральной конденсации в элементарную струну может быть реализован на любой сколь угодно малой дисклинации, причем он может реализоваться как в гомохиральных, так и гетерохиральных растворах. Кинетика образования таких одномерных ассоциатов (анизотропных нуклеаций) при конденсации ТФААС была рассмотрена ранее [15].

Перечислим экспериментально установленные пороговые закономерности образования нуклеаций (табл. 2), которые можно объяснить в рамках описанного выше механизма нуклеации в гомохиральных растворах при конденсации ТФААС в мезофазе:

- существенно меньшие (по сравнению с растворами одного ТФААС – кроме ТФААС-7) величины порогов концентрации в смесях хиральных ТФААС могут быть связаны с большей физико-геометрической соразмерностью в смесях ТФААС, причем чем больше компонентов в смеси, тем меньше порог струнообразования;
- усиление комплементарности взаимодействий (например, за счет стэкинг-взаимодействия) приводит к уменьшению порога (ТФААС-7), и наоборот, уменьшение компле-

ментарности (для двухирального ТФААС-4) приводит к увеличению порога;

– отсутствие струн в смеси хирального ТФААС-6 и ахирального ТФААС-2 при концентрации ТФААС-2 значительно выше перколяционного порога, что может быть связано с изометрической конденсацией ТФААС-2 и ТФААС-6 из-за наличия трех ОН-групп; при концентрациях ТФААС-2, меньше и близких к перколяционной, порог образования струн меньше, чем в 100% растворе ТФААС-6. Вероятнее всего, при этих концентрациях образование бесконечного (фрактального) кластера происходит эффективнее.

В ксерогелях капель ахиральных растворов нуклеации и струны не наблюдаются, хотя их поверхность представлена доменами (рис. 16), что согласуется с установленным экспериментально отсутствием струн в ахиральных растворах. Ксерогели рацемических растворов (ТФААС-1), вследствие эффективной изотропной агрегации, имеют признаки изометрической гетерогенной фазы. В ксерогелях гомохиральных растворов статистически достоверно наблюдается феномен парных струн, то есть формирование струн в виде тесно расположенных пар параллельных струн (рис. 17). На рис. 18 показаны парные струны с хорошо различимой спиральной структурой, зафиксированные в ксерогеле водного раствора ТФААС-8. Описанный феномен, по-видимому, объясняется обнаруженной возможностью рождения струн из нуклеаций параллельными парами. Действительно, параллельные струны могут возникать при изменении режима формирования сложной струны – от сплетения пары струн в более толстую струну к формированию пары параллельных струн (рис. 19).

Физико-химические причины формирования двойной нуклеации в воде скорее всего связаны с характером Ван-дер-Ваальсового притяжения струн, а именно с резким увеличением силы их взаимодействия уже при незначительном сближении. Действительно, сила притяжения f (на единицу длины) струн радиуса R , находящихся на расстоянии $D < R$, составляет:

$$f = A R^{1/2} / 16 D^{5/2}, \quad (6)$$

где A – константа Гамакера взаимодействия струн в растворителе [1]. Такой вид обратной положительной связи предполагает появление и развитие неустойчивости в системе струн, равноудаленно расходящихся центрально симметрично на плоскости в полный угол 2π (рис. 1, 3). В результате развития неустойчивости формируются парные струны, при этом расстояние между парами существенно увеличивается, так, что соседние пары струн уже не притягиваются. В циклогексане, при быстром испарении растворителя, по-видимому, этот процесс сближения струн эффективно не проявляется.

Оценим время притяжения для случая параллельных струн. При встречном движении струн в растворителе со скоростью v сила их притяжения (4) уравнивается силой вязкости f_v , которая в приближении стоксовой жидкости составит на единицу длины струн [2]:

$$f_v = 4 \pi \eta v / \ln(3.70 \eta / \rho R v), \quad (7)$$

где: η – коэффициент вязкости жидкости, ρ – ее плотность. Условие равновесия (6) = (7) представляет собой уравнение движения струн. Проинтегрируем его, приближенно заменив в медленно меняющемся множителе под логарифмом значение скорости на его характерное значение при $R = D$. После технических вычислений получим для времени сближения струн T :

$$T \approx (128 \pi / 7) \eta D^{7/2} / A R^{1/2} \ln(740 \eta^2 R / \rho A), \quad (8)$$

Из (8) следует, что время притяжения струн T зависит от расстояния D между ними как $D^{7/2}$. Так, для микронных струн, при $D = 1$ мкм: $T \sim 1$ с, а при $D = 10$ мкм: $T \sim 10^3$ с. Таким образом, при характерном расстоянии между парными струнами на стадии нуклеации в пределах микрометра (рис. 14, 17) они успевают сформироваться в испаряющейся капле воды, но не успевают – в капле циклогексана, который быстро испаряется. Для гептана, по-

видимому, имеет место промежуточная ситуация (рис. 13, 19). Отметим также, что в растворах рацемического раствора ТФААС-1, где образование струн не наблюдалось (табл. 2), ТФААС выпадает из раствора при его высыхании (повышении концентрации) или охлаждении в виде изометрических гранул (рис. 20).

В представленной работе:

– экспериментально установлено, что при рассмотрении на характерном расстоянии $\sim 10^2\text{--}10^3$ мкм, область, в которой происходит формирование струн, может иметь размерность 0d, 1d, 2d, 3d;

– экспериментально установлено, что выявленные выше 0-мерные области инициирования формирования струн при рассмотрении на характерном расстоянии $\sim 1\text{--}10$ мкм представляют собой сложно организованные

нуклеации, имеющие вид изотропного хаоса элементарных струн;

– экспериментально определены пороги образования струн в растворах, содержащих различные ТФААС и их смеси, и показана тенденция уменьшения величины порога при увеличении числа гомохиральных компонент смеси;

– сделано согласующееся с экспериментом предположение о том, что в качестве анизотропной нуклеации может выступать одномерная дисклинация;

– сделано согласующееся с экспериментом и подтвержденное численными оценками предположение, что формирование нуклеаций определяется дальнейдействующим диполь-дипольным взаимодействием молекул ТФААС в мезофазе и дисперсионными

Таблица 2

Пороговая концентрация, при которой образуются струны в различных растворах ТФААС. Растворитель – гептан, если не оговорено противное

Вещество или смесь веществ	Пороговая концентрация образования струн, для смесей – суммарная, мг / 10 мл
ТФААС-1 (рацемат)	струн нет
ТФААС-2 (ахиральный)	струн нет
ТФААС-3 R	1,25
ТФААС-4 S-S	2,0
ТФААС-5 S	1,0
ТФААС-6 R	1,0
ТФААС-7 S	0,25
ТФААС-8 R	1,0
3S (50%) + 6R (50%)	0,5
3S (50%) + 7S (50%)	0,125
8R (50%) + 6R (50%)	0,125
4S-S (50%) + 3S (50%)	0,25
4S-S + 6R	1,0
3S (50%) + 5R (50%)	Струн нет
5S (25%) + 3R (75%)	0,25
2 (5%) + 6R (95%)	0,625 (ацетон)
2 (10%) + 6R (90%)	0,313 (ацетон)
2 (25%) + 6R (75%)	0,5 (ацетон)
2 (50%) + 6R (50%)	Струн нет (ацетон)
2 (75%) + 6R (25%)	Струн нет (ацетон)
6R (100%)	1,0 (ацетон)
3S(33,3%) + 6R (33,3%) + 8R (33,3%)	0,25
5S (33,3%) + 3S (33,3%) + 8R (33,3%)	0,156

силами, обуславливающими комплементарность хиральных молекул в стопках;

– экспериментально обнаружен феномен парных струн, определена природа неустойчивости границы капли из-за Ван-дер-Ваальсовых сил, приводящая к образованию парных струн.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Израелашвили Д.Н. Межмолекулярные и поверхностные силы. – М.: Научный мир, 2011. – 431 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика [Т. VI. Гидродинамика]. – Изд-е 5-е. – М.: Физматлит, 2003. – 736 с.
3. Ролдугин В.И. Физико-химия поверхности. – М.: Интеллект, 2011. – 585 с.
4. Стовбун С.В. Компактизация межмолекулярных связей в макроскопической хиральной фазе струн / С.В. Стовбун, А.М. Занин, А.А. Скоблин и др. // Хим. Физ. – 2013. – Т. 32 (№ 1). – С. 21-27.
5. Стовбун С.В. Макроскопическая хиральность струн / С.В. Стовбун, А.М. Занин, А.А. Скоблин и др. // Хим. Физ. – 2011. – Т. 30 (№ 12). – С. 55-59.
6. Стовбун С.В. Суперспирализация хиральных струн / С.В. Стовбун, А.А. Скоблин, А.М. Занин и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2012. – Т.154 (№7). – С. 41-43.
7. Стовбун С.В. Феноменологическое описание спонтанного образования макроскопических струн в низкоконцентрированных хиральных растворах и формирования анизометрических гелей / С.В. Стовбун, А.М. Занин, А.А. Скоблин и др. // Доклады АН. – 2012. – Т. 442 (№ 5). – С. 645-648.
8. Стовбун С.В. Формирование конденсированной фазы (струн) в слабых растворах хиральных веществ // Хим. Физ. – 2011. – Т. 30 (№ 8). – С. 3-10.
9. Стовбун С.В. Хиральность при самоорганизации струн в жидкой фазе и принципы экономии в природе / С.В. Стовбун, А.И. Михайлов, А.М. Занин и др. // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2011. – № 2. – С. 92-97.
10. Стовбун С.В. Экспериментальное исследование анизометрической хиральной фазы ксерогеля / С.В. Стовбун, А.А. Скоблин, А.И. Михайлов и др. // Российские нанотехнологии. – 2012. – Т. 7 (№7-8). – С. 107-111.
11. Стовбун С.В. Экспериментальное исследование структуры ахиральных, рацемических и гомохиральных растворов трифторацетилованных аминспиртов методом динамического рассеяния света / С.В. Стовбун, А.М. Занин, А.А. Скоблин и др. // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2012. – № 1. – С. 87-93.
12. Стовбун С.В. Эффекты соразмерности в хиральных струнах / С.В. Стовбун, А.А. Скоблин, А.М. Занин и др. // Доклады АН. – 2013. – Т. 450 (№ 5). – С. 553-556.
13. Стовбун С.В., Скоблин А.А. Молекулярные и супрамолекулярные структуры в биологических жидкостях и их гомохиральных моделях // Вестник Московского университета. Серия 3: физика и астрономия. – 2012. – № 3. – С. 35-38.
14. Стовбун С.В., Скоблин А.А. Струны, анизометрические гели и растворы в химических и биологических системах: обзор // Вестник Московского университета. Серия 3: физика и астрономия. – 2012. – № 4. – С. 3-15.
15. Стовбун С.В., Скоблин А.А., Михайлов А.И. Оценка энергии активации процесса образования ассоциатов в гомохиральных низкоконцентрированных растворах // Хим. Физ. – 2013. – Т. 32 (№ 2). – С. 30-33.
16. Стовбун С.В., Скоблин А.А., Твердислов В.А. Биологические жидкости как хиральные анизометрические среды // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2011. – № 12. – С. 643-646.

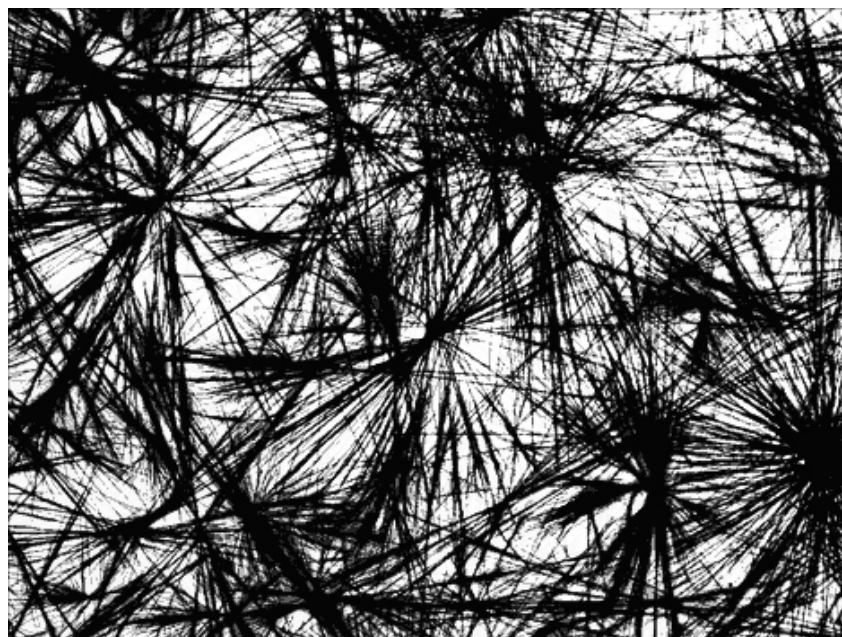


Рис. 1. ОМ, штрих 100 мкм. Ксерогель раствора ТФААС-6 в бензоле, 5 мг/мл. Инициирование роста струн локальными (точечными, 0-мерными) флуктуациями концентрации ТФААС (возможно, структурированными)

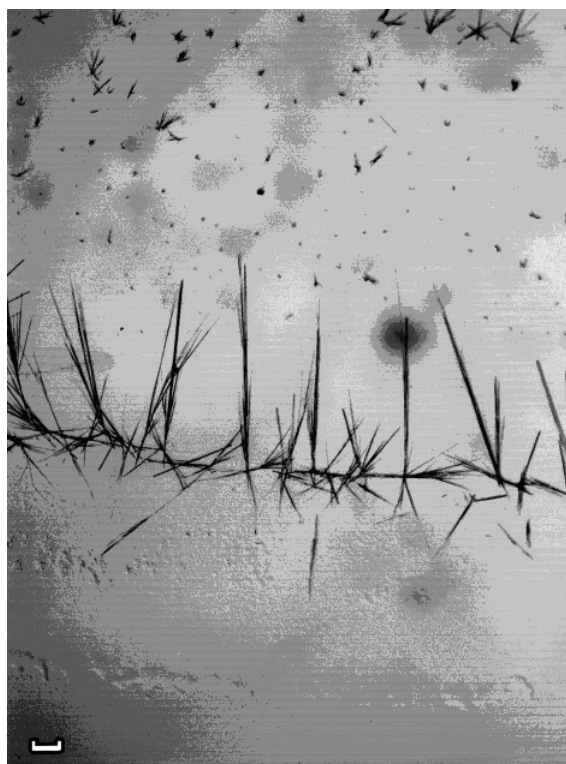


Рис. 2. ОМ, штрих 100 мкм. Ксерогель раствора ТФААС-7 в кумоле, 3 мг/мл. 1-мерное инициирование роста струн: цепочка расположенных вдоль одномерной линии центров нульмерной конденсации, из которых растут веера струн

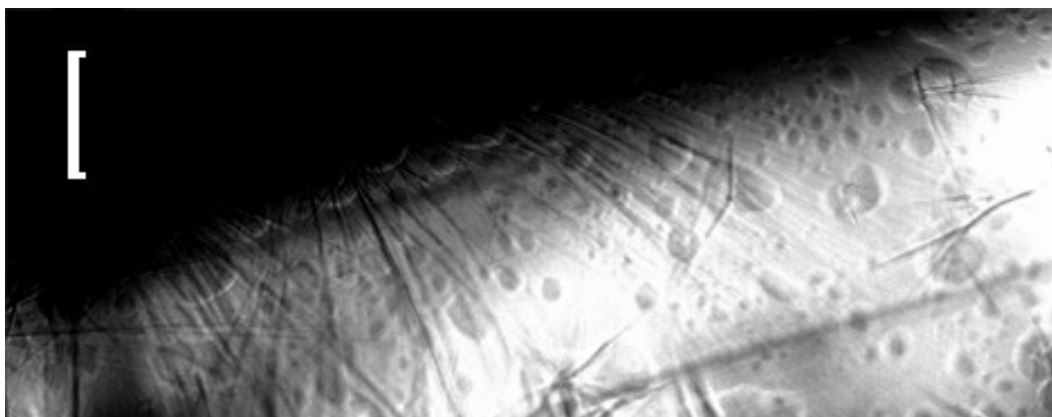


Рис. 3. ОМ, штрих 100 мкм. Жидкий раствор ТФААС в гептане, 1 мг/мл.
Инициирование роста струн 2-мерной поверхностью раздела фаз

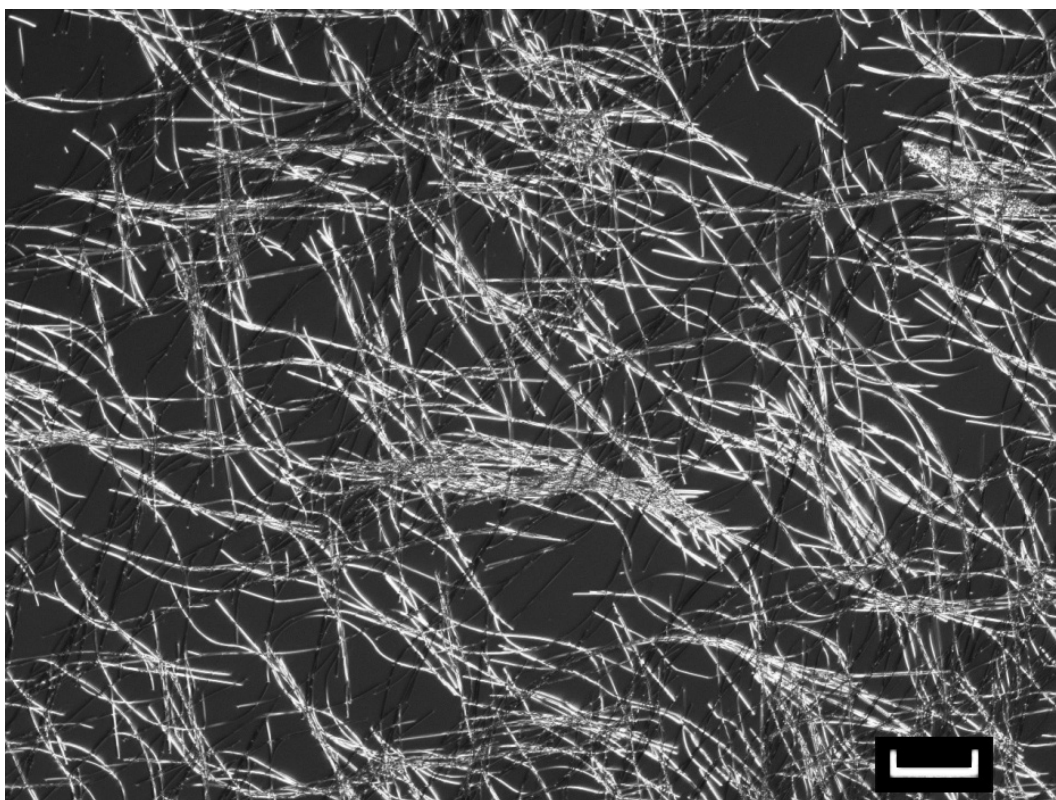


Рис. 4. ОЦМ NIKON, штрих 100 мкм. Ксерогель раствора ТФААС-5 в гексане, 2 мг/мл.
Инициирование роста струн во всем объеме (3-мерное)

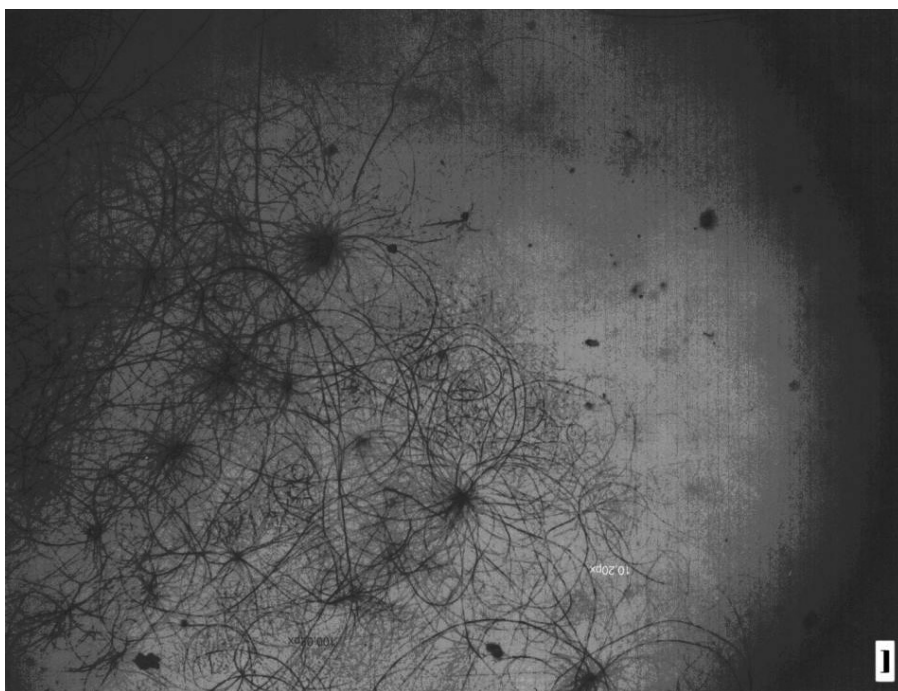


Рис. 5. ОМ, штрих 100 мкм. Ксерогель раствора ТФААС-3 в ЦГ, 3.5 мг/мл.
Инициирование роста струн вброшенными в раствор микрокристаллами ТФААС-3



Рис. 6. АСМ, РФК. Горизонтальная и вертикальная шкалы – мкм,
дополнительная – угловые градусы. Ксерогель раствора ТФААС-4 в гептане. 1 мг/мл.
Точка (область) нульмерного инициирования крупным планом

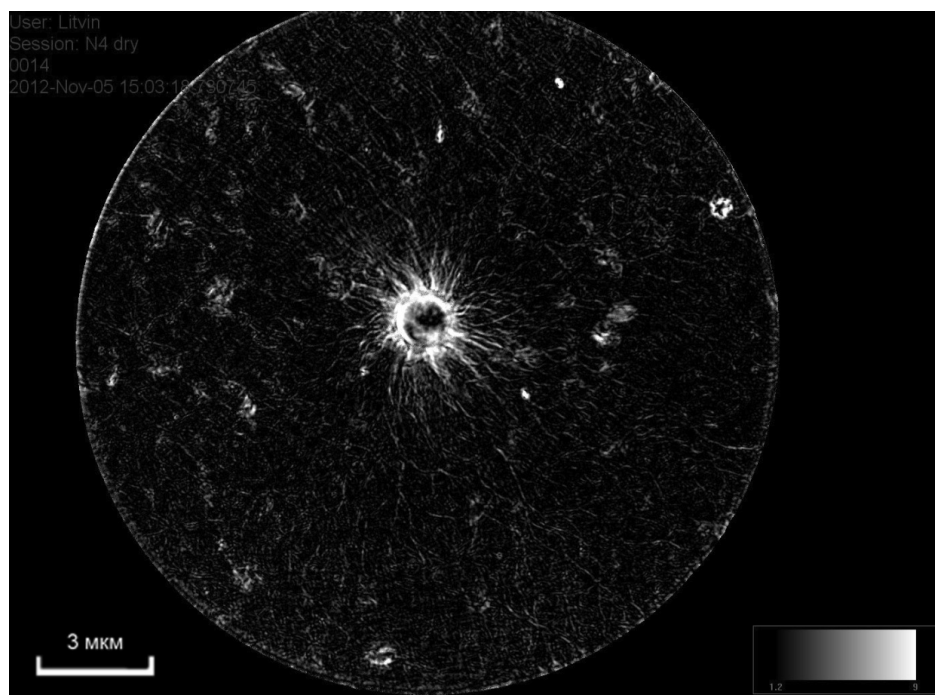


Рис. 7. ИОМ Leica DMI 6000, штрих 3 мкм. Жидкий раствор ТФААС-4 в гептане, 0.4 мг/мл.
Нуклеация с множественными струнами

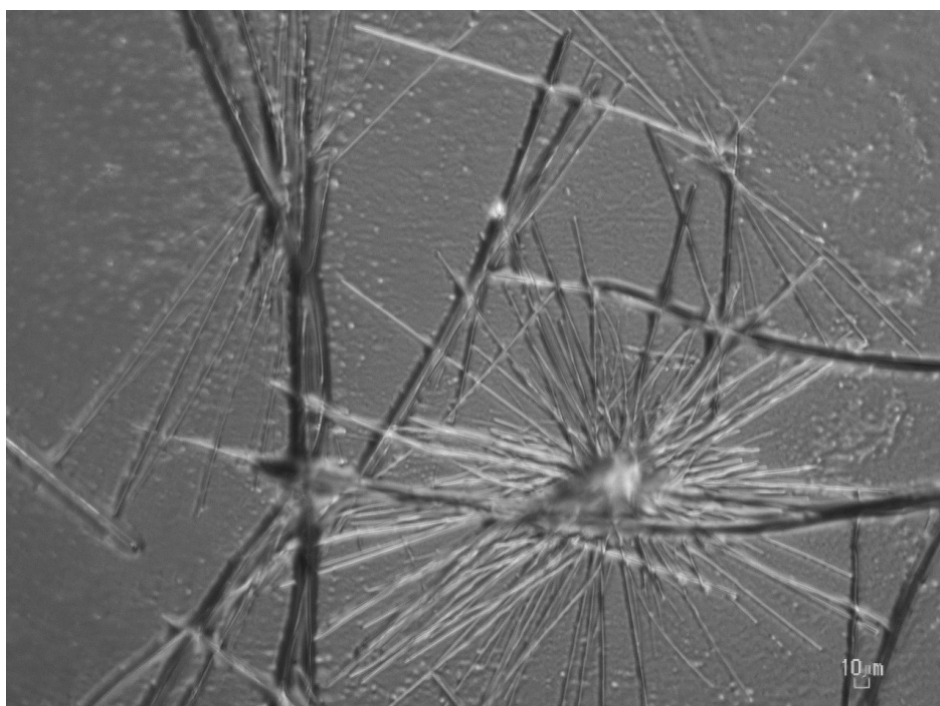


Рис. 8. ОЦМ NIKON, штрих 10 мкм. Частично высохший раствор ТФААС 5 в гексане./мл.
Нульмерная нуклеация, покрытая невысохшим растворителем

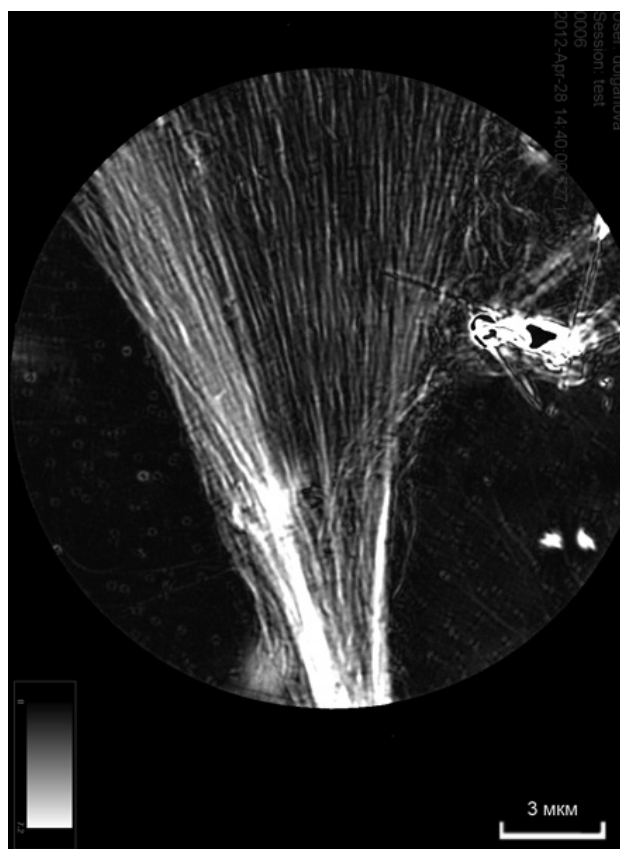


Рис. 9. ИОМ Leica DMI 6000, штрих 3 мкм.
Ксерогель раствора ТФААС-4 в гептане. Структура толстой струны

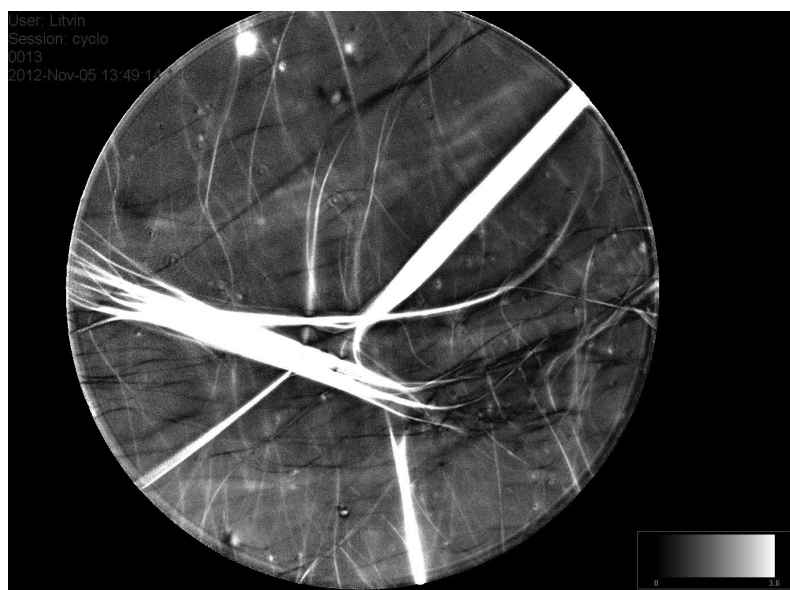


Рис. 10. ИОМ Leica DMI 6000. Гелеобразный раствор ТФААС-4 в циклогексане.
Структура короткой толстой струны

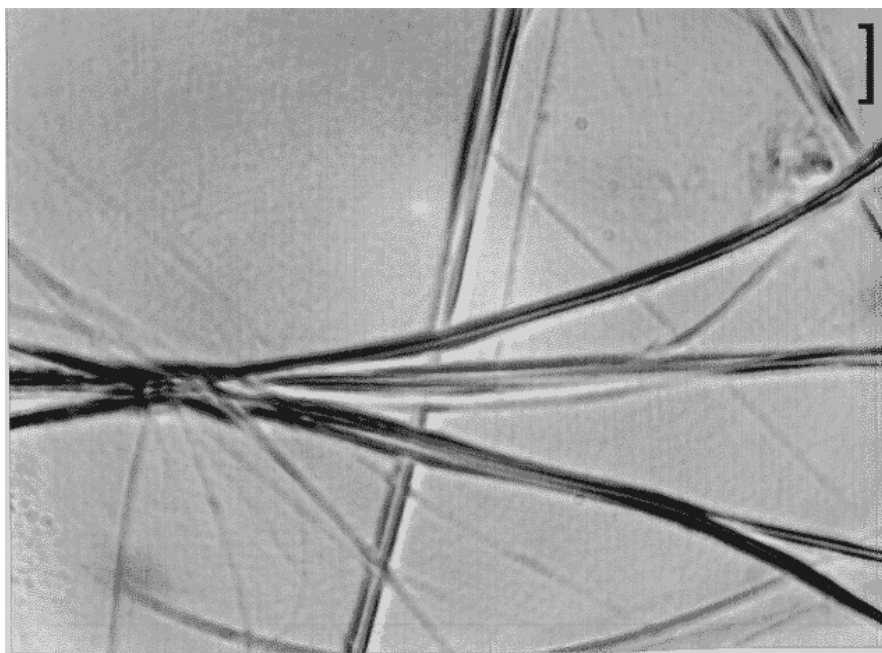


Рис. 11. ОМ, штрих 10 мкм. Ксерогель раствора ТФААС-5 в циклогексане. 2 мг/мл.
Область нулевого инициирования крупным планом

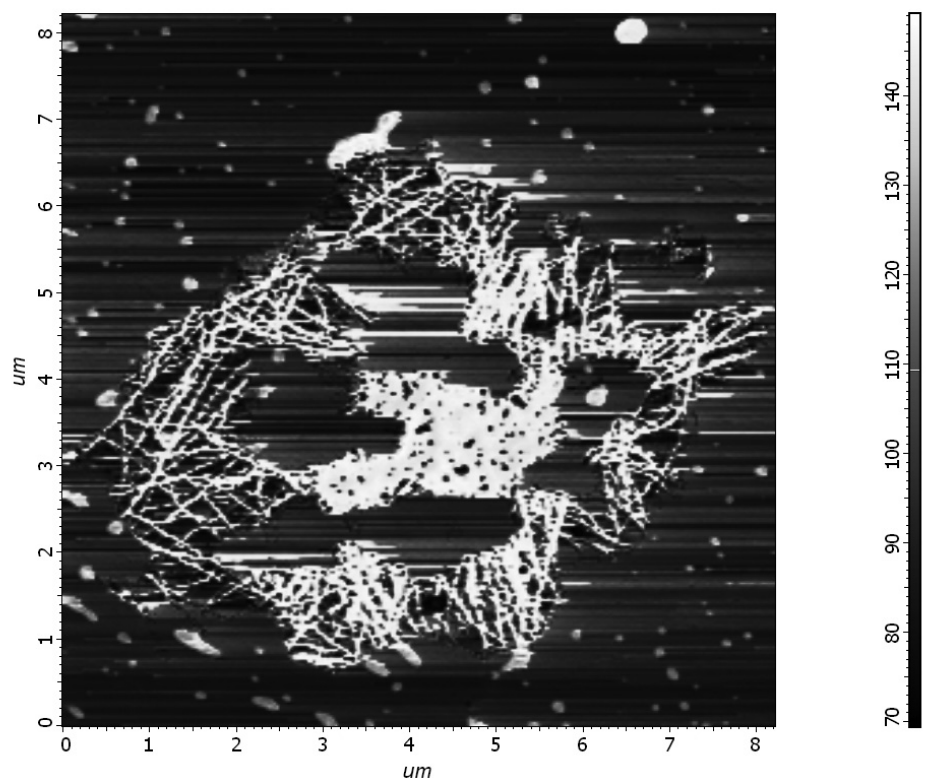


Рис. 12. АСМ, РФК. Вертикальная и горизонтальная шкалы – мкм,
дополнительная – угловые градусы. Ксерогель капли хирального ТФААС-4 в гептане, 0.4 мг/мл.
Вероятно, скелет из струн образовался по дисклинациям

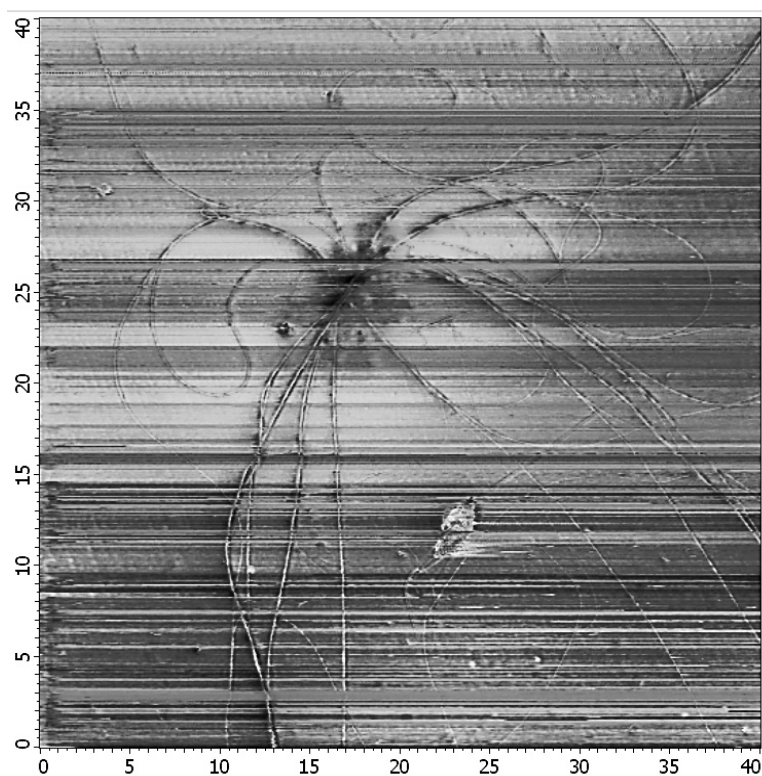


Рис. 13. АСМ, РФК. Оси – мкм. Ксерогель раствора ТФААС-4 в гептане, 1 мг/мл.
Нуклеация с множественными парными струнами

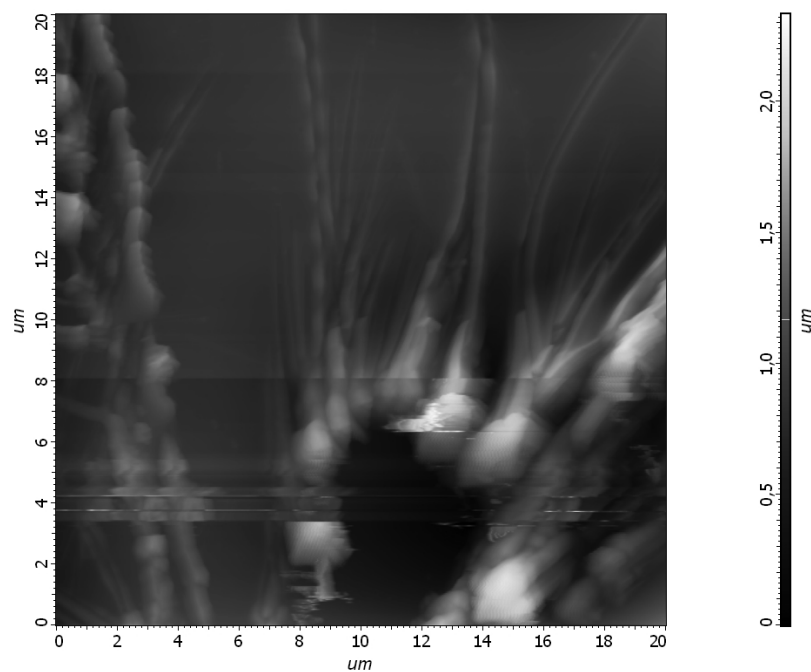


Рис. 14. АСМ, полуконтактный режим. Вертикальная и горизонтальная шкалы - мкм, дополнительная – нм. Ксерогель раствора ТФААС-8 в воде, 10 мг/мл.
Группа нульмерных нуклеаций, из которых растут пары струн

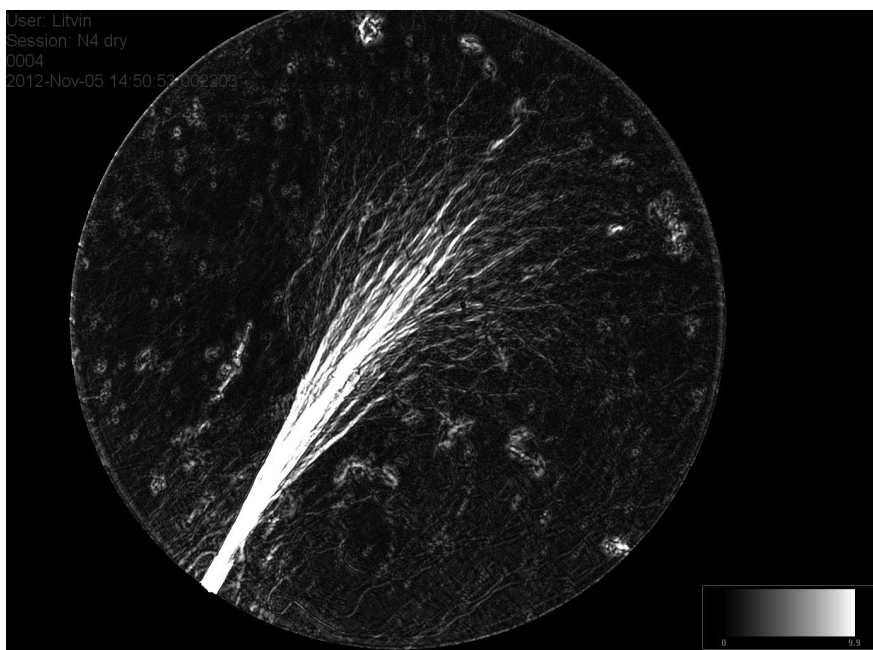


Рис. 15. ИОМ Leica DMI 6000. Ксерогель раствора ТФААС-4 в гептане, 0.4 мг/мл. Расплетающийся на тонкие струны конец толстой струны завершается в системе дисклинаций в мезофазе

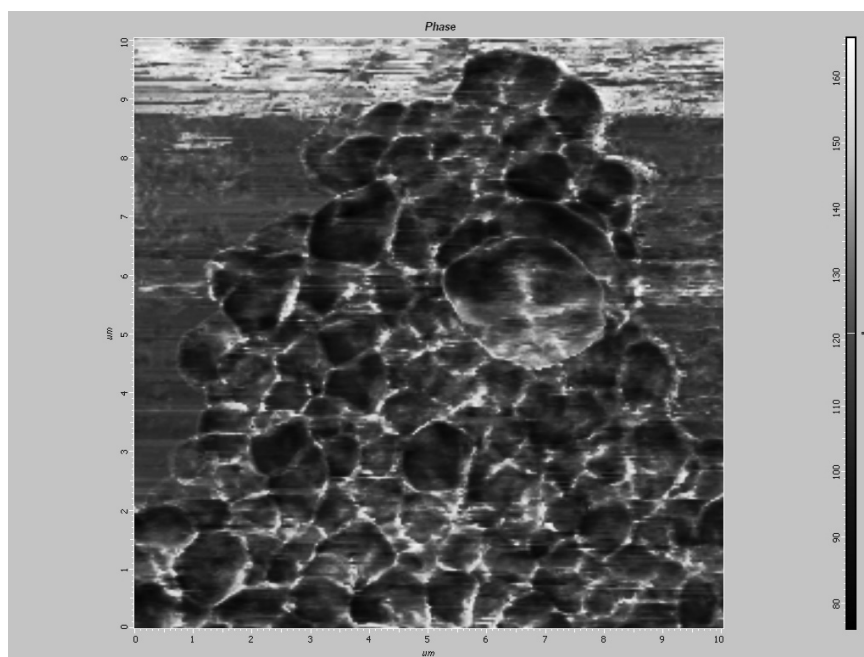


Рис. 16. АСМ, РФК. Вертикальная и горизонтальная шкалы – мкм, дополнительная – угловые градусы. Домены в капле ахирального ТФААС-2, ксерогель раствора в гептане, 1 мг/мл

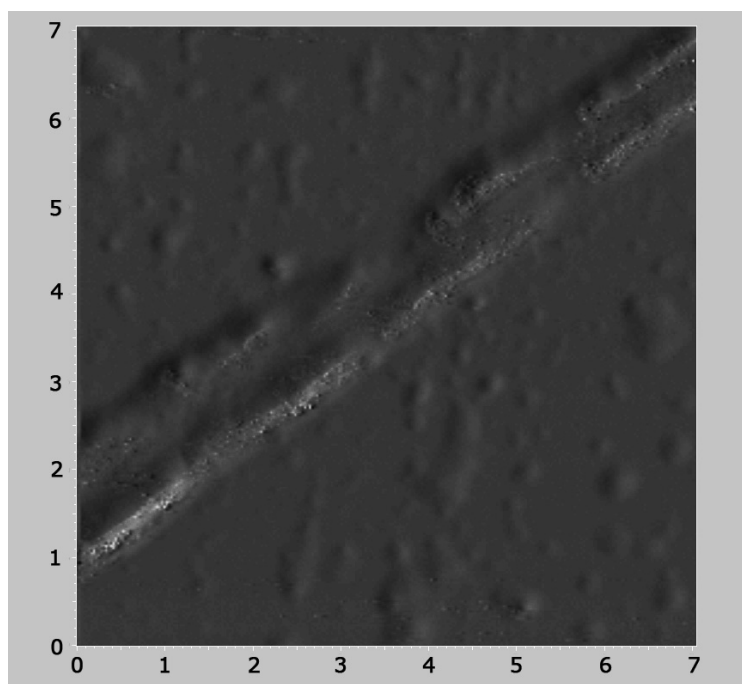


Рис. 17. АСМ. Кремниевая подложка. Шкалы - мкм.
Ксерогель р-ра ТФААС-5 в гептане, 1 мг/мл. Пара параллельных струн

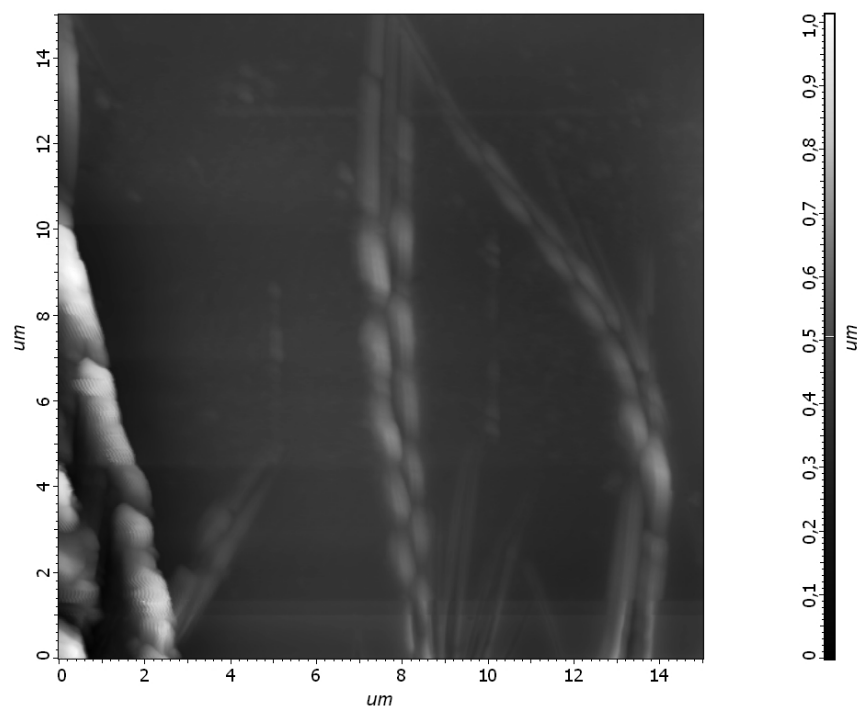


Рис. 18. АСМ, полуконтактный режим. Кремниевая подложка. Вертикальная и горизонтальная шкалы – мкм, дополнительная – нм. Ксерогель водного раствора ТФААС-8, 10 мг/мл. Многочисленные пары параллельных струн. Струны имеют выраженную спиральную структуру

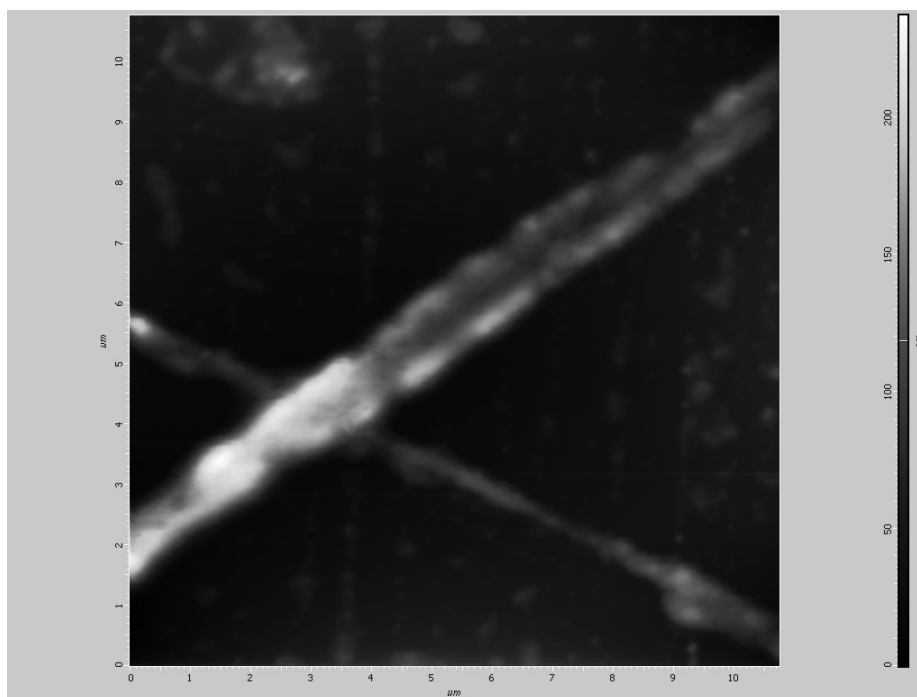


Рис. 19. АСМ, полуконтактный режим. Вертикальная и горизонтальная шкалы - мкм, дополнительная – нм. Ксерогель раствора ТФААС-5 в гептане. 1 мг/мл. Пара струн, на начальном этапе спирально сплетенная в более толстую струну, а далее сформировавшаяся в виде параллельных струн

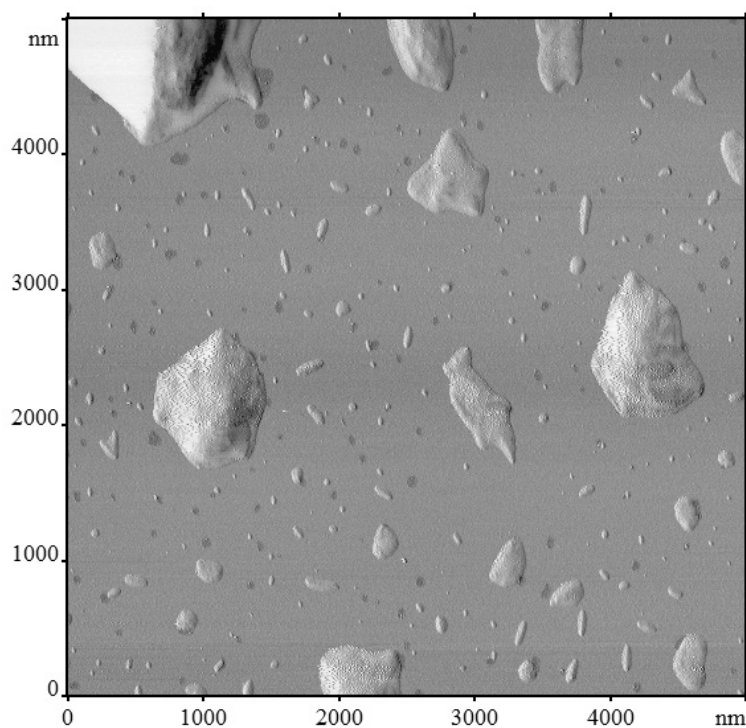


Рис. 20. АСМ, полуконтактный режим. Шкалы - нм. Ксерогель рацемического раствора ТФААС-1 в гептане. Изометрические гранулы размером порядка микрона и более мелкие

РАЗДЕЛ III. НАУКИ О ЗЕМЛЕ. ГЕОГРАФИЯ

УДК 574.2

Бельчева Н.Н., Истомина А.А., Слободскова В.В., Челомин В.П.

*Тихоокеанский океанологический институт
им. В.И. Ильичева ДВО РАН (г. Владивосток)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ БИОМАРКЕРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ

N. Belcheva, A. Istomina, V. Slobodskova, V. Chelomin

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch,
Russian Academy of Sciences, Vladivostok*

USE OF MOLECULAR BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS FOR THE EVALUATION OF MARINE POLLUTION

Аннотация. По показателям окислительного стресса и содержанию тяжелых металлов в пищеварительной железе и жабрах двусторчатого моллюска *Crenomytilus grayanus* была проведена оценка качества морской среды. Для этой цели мидии были собраны из двух акваторий: в загрязненной бухте после завершения мероприятий по рекультивации полигона твердых бытовых отходов, расположенной на ее берегу, и в условно чистом районе. Показано, что наряду с комплексным анализом токсикантов (тяжелых металлов), показатели окислительного стресса могут служить чувствительными индикаторами физиологического состояния организма, отражающими условия его обитания.

Ключевые слова: загрязнение морской воды, тяжелые металлы, мидии, окислительный стресс.

Abstract. Biochemical indicators of oxidative stress and content of heavy metals in the digestive gland and gills of the bivalve *Crenomytilus grayanus* are used to assess marine pollution. For this purpose, the mussels were collected from two areas: in a polluted bay after the completion of activities of recultivation of domestic waste landfills located on the coast and in a relatively clean area. It is shown that in addition to the complex analysis of toxins (heavy metals) the indicators of oxidative stress may serve as sensitive indicators of the physiological state of the organism, which reflect the conditions of its habitat.

Key words: water pollution, heavy metals, mussels, oxidative stress.

Токсичные вещества, такие, как органические ксенобиотики и тяжелые металлы, могут проявлять свою токсичность через различные механизмы, в том числе и через усиление продукции активных форм кислорода (АФК), вызывая окислительное повреждение мембранных липидов, белков, нуклеиновых кислот. Поэтому молекулярные биомаркеры окислительного стресса, такие, как продукты окислительной дегградации биологических молекул и антиоксиданты, находят применение для выявления токсичного действия загрязняющих веществ [3, с. 588].

Настоящая работа посвящена исследованию возможности применения биохимических показателей окислительного стресса в полевых условиях для оценки комплексного влияния загрязнения на состояние морских гидробионтов. Для этого в тканях мидий *Crenomytilus grayanus* была определена активность основных антиоксидантных ферментов – супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (КАТ) и глутатионпероксидазы (ГП). Степень развития окислительного стресса в клетках оценивали по уровням деструкции ДНК и накопления продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ): диеновых конъюгатов (ДК) и малонового диальдегида (МДА). В тканях также были определены концентрации тяжелых металлов (Fe, Zn, Cu, Cd и Pb).

Материалы и методы

Характеристика районов сбора мидий.

Из двух акваторий залива Петра Великого Японского моря мидии *C. grayanus* были собраны в конце ноября 2010 г.: из бухты Алексеева (о-в Попова, Амурский залив) и бухты Горностай (Уссурийский залив), которые существенно отличались по степени антропогенной нагрузки. Бухта Алексеева характеризуется умеренным загрязнением, а бухта Горностай ранее длительно подвергалась многолетнему антропогенному воздействию. На берегу бухты Горностай с 1967 по 2010 гг. находился полигон твердых бытовых отходов (ТБО) г. Владивостока. По результатам мониторинга за 2008-2009 гг. содержание металлов в донных отложениях бухты во много раз превышало допустимые концентрации: например, содержание Hg было превышено в 1,8 раз, Pb – в 29 раз, Zn – в 25 раз, Cu – в 69 раз, Cr, Ni и Co – в 4,0, 3,3 и 1,5 раза, соответственно. Концентрация нефтепродуктов превышала ПДК в среднем в 5 раз в поверхностном и придонном слое бухты, а концентрация фенолов была превышена в среднем в 2 раза [2, с. 201]. Проведенные в 2010 г. комплексные мероприятия по рекультивации полигона позволили полностью «законсервировать» мусорную свалку к концу 2010 г.

Подготовка образцов для анализа. Для исследования были использованы жабры и пищеварительная железа моллюсков близкого размера в каждой выборке из бухт, состоящей из 20 особей. Ткани были отпрепарированы на льду и хранились при температуре -80°C. При определении металлов ткани объединяли от двух особей (три пробы), высушивали при температуре + 75°C до постоянного веса. Для определения биохимических параметров ткани от 3 мидий объединяли в одну пробу (всего 4 пробы для каждой выборки). Ткани гомогенизировали в охлажденном Трис-HCl буфере (0.05 М, pH 8.0; t = 0-4°C). Гомогенаты центрифугировали в течение 40 минут при 10800 g и температуре 4°C. В полученном супернатанте определяли содержание белка [7, с. 206] и активность антиоксидантных ферментов: СОД [9, с. 526], КАТ [13, с. 419] и ГП [8, с. 595].

Содержание МДА определяли по общепринятому методу [4, с. 302]. Количество ДК определяли спектрофотометрически (абсорбция при $\lambda = 232$ nm) после растворения липидных экстрактов в системе метанол-пентан (5:1, об/об). Изучение повреждений структуры молекулы ДНК проводили на клетках жабр. Для этого использовали метод Single-Cell Gel Electrophoresis (SCGE or Comet Assay) [5, с. 51], известный в отечественной литературе как «метод ДНК-комет» [1, с. 303]. Классификацию комет осуществляли визуально [6, с. 69], индекс генетического повреждения рассчитывали по методу Каваша и Конена [5, с. 154]. Тяжелые металлы анализировали методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии после минерализации тканей смесью концентрированных азотной и хлорной кислот (1:3, об/об).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ Statistica.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ содержания металлов в тканях мидий показал, что содержание Mn и Zn значительно не различалось в тка-

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов (мкг/г сухой массы) в тканях *C. grayanus**

Место сбора	Fe	Zn	Cu	Cd	Pb
		Пищеварительная железа			
б.Горностай	183.8±5.2*****	147.1 ± 9.8	102.6 ± 5.1**	6.5 ± 0.2	86.8 ± 1.6
б.Алексеева	102.9±15.1	132.3 ± 9.5	14.1 ± 0.1	10.9 ± 1.2**	н.о.
		Жабры			
б.Горностай	78.9 ± 7.9	70.4 ± 16.2	28.9 ± 4.7**	0.7 ± 0.2	67.4 ± 17.1
б.Алексеева	71.5 ± 10.0	75.0 ± 5.8	4.5 ± 0.9	16.7 ± 4.3**	н.о.

* - среднее значение ± стандартное отклонение, n=3.

**- достоверные различия: n=3, p<0.05

нях мидий из двух биотопов (табл. 1). В тоже время, свинец был обнаружен только в тканях мидий из бухты Горностай – 86.8 и 67.4 мкг/г сухой массы в пищеварительной железе и жабрах, соответственно. Содержание Cu у мидий из бухты Горностай в пищеварительной железе было выше в 7 раз, а в жабрах – в 6,4 раза по сравнению с моллюсками из бухты Алексеева. Концентрация Fe в пищеварительной железе также была выше в 1,8 раза у мидий из бухты Горностай.

Необходимо отметить, что содержание Cd, наоборот, было выше в органах мидий из бухты Алексеева по сравнению с мидиями из бухты Горностай (табл. 1). Так как донные осадки бухты Горностай особенно сильно загрязнены Cu, Zn и Pb [2, с. 201], то высокое содержание металлов в осадке и, соответственно, в фильтруемой воде и взвеси, вероятно, создает конкуренцию при абсорции Cd клетками жабр и пищеварительной железы мидий.

Как показали биохимические исследования, у мидий из бухты Горностай наблюдалось повышение антиоксидантного потенциала в тканях, за счет увеличения активности КАТ на 40-60% и ГП на 80% в пищеварительной железе и жабрах соответственно (рис. 1). Согласно гипотезе Реголи с коллегами [10, с. 419] активация КАТ, которая разлагает H₂O₂,

предотвращает образование реакционного ОН радикала в реакции Фентона. Несмотря на то, что ГП также принимает участие в удалении H₂O₂, ее основная функция состоит в разрушении органических гидропероксидов и предотвращении продукции цитотоксичных ненасыщенных альдегидов и кетонов в процессах ПОЛ. Таким образом, увеличение активности КАТ и ГП в тканях мидий из бухты Горностай указывало на стимулирование процессов образования гидропероксидов в тканях под воздействием комплексного загрязнения морской среды, в том числе и тяжелых металлов.

Наряду с изменением активности антиоксидантных ферментов, неспецифическими показателями усиленного образования АФК являются также продукты окислительной дегградации компонентов клетки, в частности липидов и ДНК [11, с. 350]. Это положение подтверждают наши результаты определения продуктов перекисного окисления липидов в тканях моллюска *C. grayanus* из двух биотопов (рис. 1). При сравнительном анализе видно, что в исследованных тканях мидий из загрязненной акватории содержание первичных продуктов ПОЛ выше более чем на 30%, что свидетельствует об активации свободно-радикальных процессов. ПОЛ в мембранах инициируется в основном ОН радикалами,

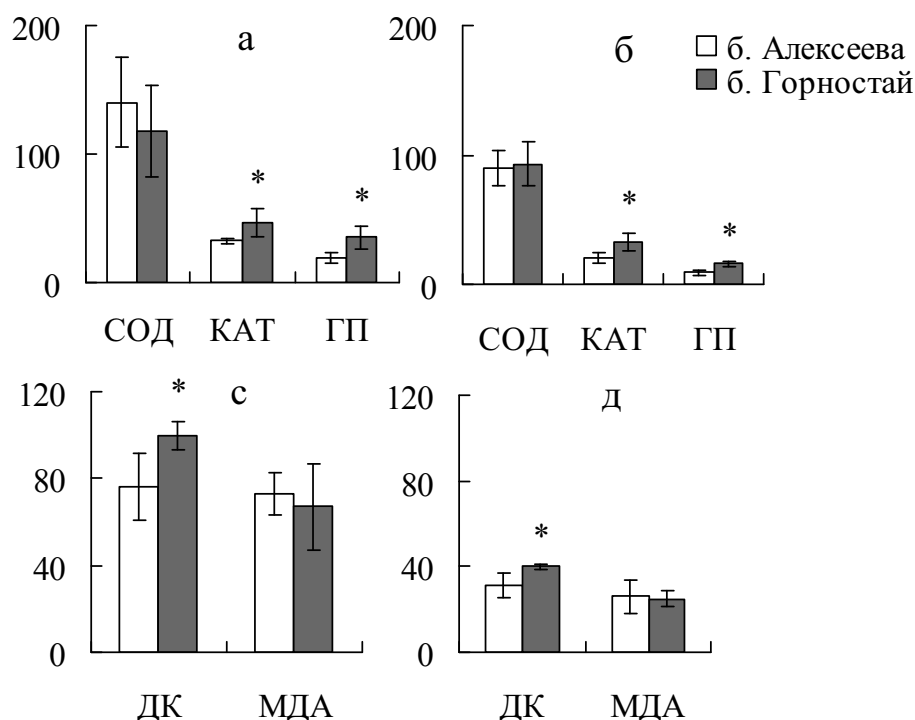


Рис. 1. Активность антиоксидантных ферментов и содержание продуктов перекисного окисления липидов в пищеварительной железе (а, в) и жабрах (б, д) *C. granulosus* из двух биотопов.

Обозначения: СОД (супероксиддисмутаза, ед. акт/мг белка), КАТ (каталаза, мкмоль/мин/мг белка), ГП (глутатионпероксидаза, нмоль/мин/мг белка*10), ДК (диеновые конъюгаты, мкмоль/г сырой массы*10), МДА (малоновый диальдегид, нмоль/мг белка*100); * - достоверные различия биохимических параметров в тканях мидий б. Алексеева и б. Горностай (n=4, p<0.05)

поэтому повышенный уровень ДК (продуктов ПОЛ, содержащих сопряженные двойные связи) в тканях мидий из бухты Горностай может быть обусловлен следующими причинами. Во-первых, степень активации КАТ не соответствует уровню продукции H_2O_2 ; во-вторых, эффективность системы детоксикации металлов недостаточна для полного связывания ионов металлов переменной валентности. Близкие уровни МДА в тканях мидий из обеих бухт, по-видимому, связаны с тем, что в пищеварительной железе и жабрах мидий из бухты Горностай повышена активность ГП.

Анализ изображений ДНК-комет клеток жабр мидий, собранных в разных биотопах, показал, что у моллюсков из бухты Горностай доминируют кометы, относящиеся к клас-

сам С3 и С4 (табл. 2), что указывает на значительные повреждения в молекуле ДНК. В тоже время, у моллюсков из бухты Алексеева, сформировались преимущественно кометы классов С0, С1 и С2, что характеризует клетки как жизнеспособные со слабо выраженными повреждениями ДНК. Рассчитанный на основе данной классификации индекс генетического повреждения (ИГП) [5, с. 154] также свидетельствует о том, что мидии из исследуемых акваторий испытывают разную степень негативной нагрузки. При этом значения ИГП у моллюсков, обитающих в акватории, непосредственно прилегающей к полигону ТБО, выше в 1,3 раза (табл. 2). Из приведенных данных видно, что количество мигрированной ДНК в «хвост», а также длина самого «хвоста» комет в клетках жабр *C.*

Таблица 2

**Основные параметры ДНК-комет клеток жабр *S. grayanus*,
обитающих в разных районах зал. Петра Великого***

Место обитания	Класс комет (%)	Индекс генетического повреждения (ИГП)	Повреждение ДНК
	C0 C1 C2 C3 C4		Длина «хвоста» % ДНК в «хвосте» кометы (px) кометы
б. Алексеева	11 16 45 19 0	1.99	7.7±
б. Горностай	0 7 14 28 51	3.23	102.0±

* - среднее значение ± стандартное отклонение, n – 15 животных по 50 комет; C0-C4 – классы повреждения комет; px – длина хвоста в пикселях.

** – достоверное отличие ($P \leq 0.05$, $n=750$) по сравнению с мидиями из б. Алексеева, достоверность различий оценивалась с использованием непараметрического критерия Даннета.

grayanus из бухты Горностай были почти в 2 и 4 раза, соответственно, выше, чем у моллюсков из бухты Алексеева.

Из представленных результатов (табл. 2) обращает на себя внимание высокая гетерогенность комет, которые образуют ДНК клеток жабр моллюсков из бухты Горностай, что также, в определенной степени, свидетельствует о негативном воздействии неблагоприятных факторов среды. Если у моллюсков из бухты Алексеева для основной массы комет доля ДНК, мигрирующей из ядра в «хвост» кометы, составляет 5–14%, то в клетках моллюсков из загрязненной акватории основная масса комет по этому показателю распределяется в диапазоне от 25 до 50%. Полученные с помощью метода ДНК-комет экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в бухте Горностай присутствуют в повышенных концентрациях химические вещества, проявляющие генотоксические свойства, вызывая резкое увеличение повреждений в геноме клеток жабр.

В целом наши результаты показали, что концентрации металлов в тканях мидий являются чувствительными индикаторами повышенного содержания металлов в морской среде. В тоже время тяжелые металлы, осо-

бенно Cu и Pb, являющиеся составной частью комплексного загрязнения бухты Горностай, накапливаясь в тканях моллюсков, приводят к дезорганизации биохимических систем. Повышенный уровень продуктов окислительной деструкции ДНК и перекисного окисления липидов (ДК), а также увеличенная активность антиоксидантных ферментов (КАТ и ГП) в тканях мидий из бухты Горностай указывают на то, что токсичность этих поллютантов проявилась через стимуляцию образования АФК и развитие окислительного стресса. Негативные последствия окислительного стресса выражаются в комплексе системных перестроек мембранных структур клетки (через ПОЛ) и в дестабилизации и разрушении генома клетки. Приведенные результаты дают основания полагать, что аккумуляция ксенобиотиков привела к стимуляции деструктивных процессов, превышающих адаптационно-детоксикационные возможности биохимических систем. В связи с этим необходимо подчеркнуть, что показатели окислительного стресса могут служить чувствительными индикаторами физиологического состояния организма, отражающими условия его обитания.

Таким образом, при оценке экотоксикологической ситуации морских акваторий пред-

ставляется целесообразным использовать не только химический анализ поллютантов в различных звеньях экосистемы, но и широко применять молекулярные подходы, позволяющие получить интегральную характеристику физиологического состояния животных на основе различных параметров окислительного стресса, что существенно повысит научную обоснованность выводов в программах мониторинга морской среды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Слободскова В.В. Оценка генотоксичности кадмия в клетках жабр двустворчатого моллюска *Corbicula japonica* с помощью метода ДНК-комет / В.В. Слободскова, Е.Е. Солодова, Е.Н. Слинько и др. // Биол. моря. – 2010. – Т. 36 (№ 4). – С. 303–308.
2. Яцук А.В. Яцук А.В. Мониторинг загрязнения акватории Уссурийского залива в зоне влияния полигона твердых бытовых отходов г. Владивостока // Проблемы экологии морского шельфа: материалы Всерос. науч. конф., 16–22 сентября 2010. – Владивосток: ДВФУ, 2010. – С. 201–203.
3. Almeida E.A. Oxidative Stress in *Perna perna* and other bivalves as indicators of environmental stress in the Brazilian marine environment: antioxidants, lipid peroxidation and DNA damage / E.A. Almeida, A.C.D. Bainy, A.M.P. Loureiro et al. // Comp. Biochem. Physiol. – 2007. – Vol. 146A. – P. 588–600.
4. Buege J.A., Aust S.D. Microsomal lipid peroxidation // Methods in Enzymology / Eds. by S. Fleischer, L. Packer. – New York: Academic Press, 1978. – P. 302–310.
5. Cavas T., Konen S. In vivo genotoxicity testing of the amnesic shellfish poison (domoic acid) in piscine erythrocytes using the micronucleus test and the comet assay // Aquat. Toxicol. – 2008. – Vol. 90. – P. 154–159.
6. Collins A.R., Ma A.G., Duthie S.J. The kinetics of repair of oxidative DNA damage (strand breaks and oxidized pyrimidine) in human cells // Mutation Res. – 1995. – Vol. 336. – P. 69–77.
7. Markwell M., Haas S., Bieber L., Tolbert N. A modification of the Lowry procedure to simplify protein determination in membrane and lipoprotein samples / M. Markwell, S. Haas, L. Bieber et al. // Anal. Biochem. – 1978. – Vol. 87. – P. 206–210.
8. Mates J.M., Perez-Gomez C., Nunez de Castro I. Antioxidant enzymes and human diseases // Clin. Biochem. – 1999. – Vol. 32. – P. 595–603.
9. Paoletti F. A sensitive spectrophotometric method for the determination of superoxide dismutase in tissue extracts / F. Paoletti, D. Aldinuccio, A. Mocali et al. // Anal. Biochem. – 1986. – Vol. 154. – P. 526–541.
10. Regoli F. Oxidative stress in ecotoxicology: from the analysis of individual antioxidants to a more integrated approach / F. Regoli, S. Gorbi, G. Frenzilli et al. // Mar. Environ. Res. – 2002. – Vol. 54. – P. 419–423.
11. Sies H. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. – London: Academic Press Limited, 1991. – 650 p.

УДК 504.062.4

Гармаш Т.П.

*Полтавский национальный технический университет
им. Юрия Кондратюка (Украина)*

ПОЛТАВЩИНА В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ИДЕЙ И СТАНОВЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

T. Harmash

*Poltava National Technical University
named after Yuri Kondratyuk, Ukraine*

POLTAVSHCHYNA IN THE CONTEXT OF THE DEVELOPMENT AND FORMATION OF IDEAS OF ANTHROPOGENIC LANDSCAPE SCIENCE

Аннотация. Статья на материале проблем использования природных ресурсов в XIX – первой трети XX вв. характеризует на примере региона зарождение идей антропогенного ландшафтоведения, дает возможность проследить основные этапы данного процесса, определяя в нем место и роль практической деятельности прогрессивных землевладельцев, организаторской деятельности губернского земства. В работе актуализированы практические исследования В.Я. Ломиковского, А.А. Измаильского, В.М. Борткевича.

Ключевые слова: природные ресурсы, землепользование, истребление леса, образование оврагов, подвижные пески, природоохранная деятельность.

Abstract. By analyzing the problems of the use of natural resources in the Poltava region in the nineteenth and the first third of the twentieth century, we characterize the emergence of the ideas of anthropogenic landscape science, trace the main stages of the process, and determine the role and place of progressive landowners and organizational activities of the provincial administration. In addition, the importance is shown of the studies by V. Lomikovsky, A. Izmailsky, V. Bortkiewicz.

Key words: natural resources, land tenure, extermination of forests, formation of gullies, movable sands, environmental activities.

Сохранение ландшафтного и биологического разнообразия особенно актуально для антропогенных ландшафтов, сформировавшихся под влиянием хозяйственной деятельности человека. Остроту проблемы подчеркивает тот факт, что большинство современных ландшафтов Земли относится к антропогенным. Истоки антропогенного ландшафтоведения относят к концу XIX ст., корни которого – в классических трудах В.В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь» (1892), А.А. Измаильского «Как высохла наша степь» (1893), где указано на необходимость исследования воздействия на природу антропогенного фактора [14].

Работа В.В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь», признанная классическим примером комплексного описания природы степей, образцом синтезированного прикладного исследования, направленного на оптимизацию сельского хозяйства в степной зоне, подготовлена на основе исследований Полтавской губернии [13]. Значение земских экспедиций В.В. Докучаева подчеркивает А. Мельник, акцентируя внимание на одновременности зарождения антропогенного ландшафтоведения с натуральным (традиционным, общим) [23]. Таким образом, истоки становления антропогенного ландшафтоведения связаны с экспедицией В.В. Докучаева в Полтавскую губернию в 1888–1894 гг., что стало ключевым положением к тематическому анализу практической деятельности прогрессивных землевладельцев, административно-хозяйственной деятельности Полтавского губернского земства.

Природопользование начинается с освоения территории, которое определяется реги-

ональными особенностями; на характер процесса, его направления, темпы влияют регионально-исторические особенности конкретной территории. Л.В. Падалка отмечает: «...географическое положение Полтавской территории, можно сказать, повело за собою ее историю» [15, с. 29]. Черноземные плодородные почвы, умеренный климат лесостепной зоны, значительное количество природных водоемов обусловили привлекательность региона для земледельцев, что определило сельскохозяйственные приоритеты экономики. Главный источник народного богатства составило земледелие [20].

В XVIII–XIX в. территория Полтавского края интенсивно заселялась, широкими темпами шло земледельческое освоение лесостепи. Топорами земледельцев вырубывались леса для строительства жилья и их отопления. Вырубки раскорчевывали и превращали в пахотные земли. В поля и пастбища превращались целинные ковыльные степи [10]. С конца XVIII в. сельское хозяйство Украины переживало большой сдвиг. Присоединение Крыма и превращение его в российскую губернию, основание торговых портов на Черном море и право свободного плавание торговых кораблей имело большое значение для сельского хозяйства и промышленности Украины. С конца XVIII в. вывоз зерна из Украины, главное – к черноморским портам, быстро растет. Об увеличении экспорта пшеницы свидетельствует статистика: «...через черноморские порты отправлено в 1833 году 300.000 четвертей хлеба, в 1840 году – 500.000, а года 1847 более миллиона» [24, с. 340].

Чтобы поднять доходность имений, помещики увеличивали площади пахотных полей, вводили многопольную систему, а также культуры новых растений. Особенно быстрыми темпами увеличивалась посевная площадь в Южной Украине: «...с 1778 до 1851-го года в 25 раз» [24, с. 338]. Расширение пахотного поля происходило за счет уничтожения лесов и степей, на что указал статист Полтавского губернского земства М.В. Рклицкий в заметках по земельному вопросу [17]. С началом истребления лесов в корыстных целях

связали двадцатые–тридцатые годы XIX в. Н.И. Арандаренко [1] и А.В. Богданович [2]. Наряду с фактами хищнического использования природных ресурсов первые десятилетия XIX в. демонстрируют прогрессивные подходы к ведению хозяйства. Учитывая, что большинство ландшафтов территории Украины относится к лесостепному и степному типам, актуальное звучание приобретали защитные функции лесонасаждений.

В 1807–1837 гг. миргородский землевладелец В.Я. Ломиковский посадил полезащитные и другие виды защитных лесных насаждений в своем имении. Метод хозяйствования, сочетающий земледелие с посадкой лесных насаждений, он назвал древопольным, подчеркивая тем самым органическую связь леса и поля. Уже тогда он определил, какие деревья целесообразно высаживать на берегах водоемов, а какие – на склонах и оврагах. Экспериментировал с дубами и ясенями, ольхой и осинами, выяснил экологические требования пяти видов тополя и шести видов ивы. Опытным путем В.Я. Ломиковский установил, что с помощью лесополос можно формировать благодатный микроклимат на полях, где культивируются сельскохозяйственные растения, что деревья защищают почву от суховея, задерживают снег, а листвова пад утепляет и обогащает ее органическим веществом [22]. Свои взгляды на лесоразведение В.Я. Ломиковский изложил в работе «Разведение леса в сельце Трудолюбие». Созданное в 1832 г. в России Общество для поощрения лесного хозяйства наградило В.Я. Ломиковского золотой медалью – «за постоянное занятие лесным хозяйством с 1809 года, окультуривание болотных низин и непроходимых трясин, выращивание на них плодовых и других деревьев, чем удовлетворялись потребности собственные и крестьян в дровяном и строительном материале» [19].

Примером рекультивации земель в 20-х годах XIX ст. является практика в хозяйстве известного рода князей Кочубеев. Внимания заслуживает Сиреневая роща – парк площадью 2 га, заложенный с целью восстановления нарушенных земель в карьере глубиной 5 метров, из которого брали глину для кирпич-

ного завода. Здесь высадили около ста видов сирени. Создавали сиреневую рощу садоводы-чехи, специально приглашенные для постоянной работы в садах и цветниках имения. Сейчас здесь подсажены ценные сорта сирени, завезенные из Центрального ботанического сада Национальной академии наук Украины, планируется создание отдельной ландшафтной зоны. Закладывая парк около имения (с. Писаревщина), хозяева старались сохранить творение природы и даже несколько украсить участки дубравы. Лес на склонах не вырубил, а гармонично соединили природный массив с декоративными и садовыми насаждениями. Парк входит в заповедную зону современного Диканьского регионального ландшафтного парка, в котором вековые деревья (памятники природы) охраняются Законом Украины с 1964 года [21].

С развитием капитализма территория центральной лесостепи все больше приобретала значение земледельческого центра России. Как следствие, здесь во второй половине XIX в. площадь пахотных угодий уже составляла 61–75%, а площадь лесов – лишь 12–13%. С 1850 до 1900 гг. лесные площади Полтавской губернии уменьшились – с 13 до 5,5% от общей площади губернии; на 1909 г. этот показатель снизился до 4% [10]. К числу факторов, отрицательно влияющих на экономическую жизнь губернии, отнесено разрастание оврагов, особенно усилившееся в последней трети XIX в. [5]. По сведениям профессоров А.В. Гурова и В.В. Докучаева, исследовавших Полтавскую губернию в геологическом и почвенном отношении, «нигде в пределах Европейской России нельзя встретить столь пересеченного и измененного вследствие оврагообразовательных форм размыва, как в некоторых местностях Полтавской губернии» [10, с. 94]. Разрастание оврагов связывалось с уничтожением лесов, распашкой склонов балок и оврагов [18]. Катастрофический характер приобрела распашка степи, уничтожая «преимущественно навсегда, степную растительность...» [12, с. 37].

Уничтожение лесных массивов повлекло негативные изменения фауны региона. Уже

в 1848 г. Н.И. Арандаренко отметил: «...с уменьшением лесов в Полтавской губернии, некоторые породы диких зверей, издревле обитавших в лесах, камышах и по обширным ее степям, совершенно истребились» [1, с. 67]. По его убеждению, истребление лесов отрицательно повлияло и на здоровье жителей.

Восьмидесятые годы XIX в. отмечены активным сотрудничеством губернского земства, сельскохозяйственного общества с известными учеными: А.В. Гуровым, В.В. Докучаевым, А.Н. Красновым, А.И. Воейковым, Е.В. Оппоковым и др. В 1888–1894 гг. Полтавскую губернию исследовал В.В. Докучаев. Книгу «Наши степи прежде и теперь» В.В. Докучаев издает после масштабной засухи 1891 г. Основываясь на исследованиях степи Полтавской губернии, ученый предложил план охраны черноземов, включающий регулирование оврагов и балок, меры по защите почв от смыва, создание лесополос, искусственное орошение, поддержание определенного соотношения между пашней, лугом и лесом [8].

Анализируя проблемы сельского хозяйства 1891–1892 гг., вице-президент Полтавского сельскохозяйственного общества А.А. Измаильский выступил с докладом «Как высохла наша степь» [9]. Работа подготовлена на основе большого экспериментального материала, собранного в различных частях степной полосы, и весьма продолжительных (полтора десятка лет), разнообразных наблюдений за развитием степей. А.А. Измаильский синтезировал обширный материал хозяйственных наблюдений, на основе этого определил прошлое и указал пути развития наших степей и сельского хозяйства степной полосы. Справедливо полагая, что для организации полевого хозяйства важна не та влага, которая выпадает на почву, а та, которую она вбирает, А.А. Измаильский писал: «Если мы будем продолжать так же беззаботно смотреть на прогрессирующие изменения поверхности наших степей, а в связи с этим и на прогрессирующее иссушение степной почвы, то едва ли можно сомневаться, что, в сравнительно недалеком будущем, наши сте-

ни превратятся в бесплодную пустыню» [9, с. 55]. А.А. Измаильский обобщил теоретические положения и практические результаты в работе «Влажность почвы и грунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы», за которую в 1897 г. ученый-практик получил *высшую академическую награду России* того времени – Макарьевскую премию [16].

Следствием погони за прибылью *любыми средствами*, что вело к чрезмерному расширению пашни, стало масштабное разрастание к концу XIX в. песков и размывов. К этому времени Полтавская губерния характеризуется как регион «наиболее развитого земледелия и одновременно малоземельный» [7, с. 1]. Большое значение имело преодоление разрушительного движения песков, что непосредственно связывалось с исчезновением древних сосновых лесов. Плановые работы по укреплению и облесению песков в губернии начались в 1900 г. Новый этап борьбы с песками начинается в 1903 г., связан он с приездом в Полтаву на должность лесовода В.М. Борткевича [6]. К этому времени в губернии завершаются работы по учету песков. Площадь в 81922 десятинах на 20% составляли подвижные пески. На каждые 100 десятин общей площади губернии приходилось 2,48 дес. песков [3].

В.М. Борткевич не только разрабатывает организационные формы и технические приемы мелиорации песков, но и регулярно выступает в печати. Результаты первых лет мелиоративных работ в Полтавской губернии поданы В.М. Борткевичем в брошюре «Краткий очерк работ по укреплению песков Полтавской губернии», вышедшей в 1908 г. [3]. Детальную информацию о работах по облесению территории губернии содержит статья В.М. Борткевича «Двадцатилетний опыт» [4]. Результатом деятельности В.М. Борткевича в Полтавской губернии стали тысячи гектаров сосновых культур на подвижных песках и сотни укрепленных оврагов. Именно в Полтавской губернии В.М. Борткевич впервые в Российской империи в производственных условиях посадки испытал различные виды

сосны: треххвойную американскую, сосну Банкса, австрийскую и др. [6].

Сохранившиеся в региональной прессе труды В.М. Борткевича свидетельствуют об огромной работе ученого в экспериментальных поисках лучшего состава и оптимальных технологий создания лесных насаждений; можно ознакомиться с его научными выводами, которые служили теоретической основой для практических действий и не утратили актуальности в наши дни. В деятельности В.М. Борткевича выделяют три основных направления: агролесомелиорация; интродукция новых древесных пород в отечественной практике; озеленение городов, новостроек, сельской местности. В.М. Борткевич предложил новый способ укрепления оврагов водосборными каналами и валами. Этот метод заслуженно носит имя Борткевича. Ученый признан «пионером работ по озеленению в Советском Союзе» [6, с. 70].

Новое научное направление – антропогенное ландшафтоведение зарождается в процессе практических исследований природы с целью интенсификации сельского хозяйства на научной основе, позволяющей осуществлять на практике принцип приоритетности сохранения естественной природной среды [14]. Закономерность инициатив прогрессивных землевладельцев, земств, сельскохозяйственных обществ относительно рационального использования природных ресурсов, в частности земельного, лесного фондов, подчеркивает доклад В. Ковалевского на торжественном заседании Императорского вольного экономического общества и членов VIII съезда естествоиспытателей и врачей (1890 г.): «Ни в одной отрасли промышленности человек не сталкивается так непосредственно с внешней природой и не находится от нее в такой зависимости» [11, с. 1].

Труды В.В. Докучаева, А.А. Измаильского подводят к пониманию становления социально-экономического направления природоохранной деятельности в сельскохозяйственных регионах и то, с каким вниманием относились к данной проблеме Полтавское губернское земство, Полтавское сельскохозяйственное

общество. Полтавщина продемонстрировала передовые позиции, найдя свое место в активной практической деятельности, исходившей из необходимости познания целостности природы и рационального взаимодействия с нею человека. Сохранившиеся работы, а также данные об экспериментах, которые с начала XIX в. проводили полтавские землевладельцы, лесоводы, члены сельскохозяйственного общества, имеют основания для включения их в тематический диапазон изучения развития идей и становления антропогенного ландшафтоведения. Широкий пласт исследовательской и научной литературы прошлого, являясь механизмом наследования экологических знаний, открывает новые перспективы развития охраны природы в современном многообразии форм собственности и усиливающегося организаторского начала органов местного самоуправления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арандаренко Н. Записки о Полтавской губернии. Часть 1. – Полтава: Типография Губернского правления, 1848. – 191 с.
2. Богданович А.В. Сборник сведений о Полтавской губернии. – Полтава: Типография губернского правления, 1877. – 283 с.
3. Борткевич В.М. Краткий очерк работ по укреплению песков Полтавской губернии. – Полтава: Электрическая типография Ф.Ф. Шиндлера, 1908. – 16 с.
4. Борткевич В. Двадцатилетний опыт // Хозяйство Полтавщины. – 1924. – № 14. – С. 46–52.
5. Головня В. Об укреплении оврагов // Экономическая и сельскохозяйственная деятельность Полтавского земства: приложение к журналу «Хуторянин». – Полтава: Типо-Литография Губернского Правления, 1901. – С. 81–98.
6. Гурский А.В. Потери науки. В.М. Борткевич // Советская ботаника. – 1946. – № 1. – С. 69–70.
7. Доклад управы о малоземельи Полтавской губернии и об организации переселенческого дела. – Полтава: типография И. Фришберга и С. Зорохович, 1906. – 12 с.
8. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1953. – 153 с.
9. Измаильский А.А. Как высохла наша степь. – Полтава: Типо-Литография Л. Фришберга, 1893. – 68 с.
10. Кенге Г.И. Состояние лесов Полтавской губернии. – Полтава: Электрическая Типо-Литография «Дохмань», 1909. – 23 с.
11. Ковалевский В. Запросы современного сельского хозяйства к естествознанию // Труды Императорского вольного экономического общества. – С.-Петербург, 1890. – Т. 1. – С. 1–20.
12. Лисовская К.К. Природа Полтавской губернии. – Полтава, 1908. – 41 с.
13. Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты: очерки антропогенного ландшафтоведения. – М.: Мысль, 1973. – 224 с.
14. Низовцев В.А. Об истории становления современного антропогенного ландшафтоведения // Общая и прикладная ценология. 2007. – № 3. – С. 32–37.
15. Падалка Л.В. Прошлое Полтавской территории и ее заселение. – Полтава: Типография Дохмана, 1914. – 203 с.
16. Присуждение премии Митрополита Макария за труд по сельскому хозяйству // Хуторянин. – 1897. – № 40. – С. 562–563.
17. Рклицкий М.В. Земля и земельные отношения в Полтавщине. Статистические заметки по земельному вопросу. – Полтава, 1917. – 54 с.
18. Экономическая и сельскохозяйственная деятельность Полтавского земства: приложение к журналу «Хуторянин» № 10. – Полтава: Типо-Литография Губернского Правления, 1902. – 74 с.
19. Энциклопедический словарь. Том XVII / [издатель Ф.А. Брокгауз, И.А. Ефрон]. – С.-Петербург, 1896. – С. 938.
20. Бабенко Л. Полтавщина за часів генерал-губернаторства (1802–1856) / Полтавщина: влада на історичних паралелях. – Полтава: АСМІ, 2005. – С. 17–54.
21. Байрак О.М., Проскурня М.І., Стецюк Н.О. Еталони природи Полтавщини. Розповіді про заповідні території. Науково-популярне видання. – Полтава: Верстка, 2003. – 212 с.
22. Любовець Н.І. Василь Якович Ломиковський – збирач українських старожитностей (історіографічний огляд) // Праці Центру пам'яткознавства: 36. наук. пр. – Київ, 2009. – Вип. 16. – С. 131–138.
23. Мельник А. Розвиток ландшафтознавчих ідей і ландшафтознавства в Україні // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – 2004. – Вип. 31. – С. 19–23.
24. Полонська-Василенко Н. Історія України. Т. 2. Від середини XVII століття до 1923 року. – К.: Либідь, 1995. – 608 с.

УДК 551.594.21

Данова Т.Е.¹, Мацук Ю.М.²

¹Одесский государственный экологический университет (Украина)

²Севастопольский национальный технический университет (Украина)

КОМПОНЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПОВТОРЯЕМОСТИ ГРОЗ В ПРИЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

T. Danova¹, J. Matsuk²

¹Odessa State Environmental University, Ukraine

²Sevastopol National Technical University, Ukraine

COMPONENTIAL ANALYSIS OF REPEATABILITY OF THUNDER-STORMS IN UKRAINE'S BLACK SEA COAST

Аннотация. Представлены результаты компонентного анализа повторяемости гроз на территории Причерноморского региона. Показано, что величины первых пяти собственных значений исчерпывают около 56 % суммарной дисперсии поля. С помощью быстрого преобразования Фурье выявлено, что для первых двух главных компонентов характерна двухлетняя гармоника, а для третьего главного компонента – трехлетняя. Проведенный компонентный анализ выявил влияние на повторяемость гроз в Причерноморском регионе процессов разных масштабов.

Ключевые слова: Причерноморский регион, повторяемость гроз, компонентный анализ.

Abstract. We report the results of the componential analysis of repeatability of thunder-storms on the territory of the Black sea region in Ukraine. It is shown that sizes of the first five eigenvalues make use of about 56% of the total field dispersion. Using the fast Fourier transform, we have found that the two-year-old and three-year-old harmonics are typical for first two main components and for the third main components, respectively. The componential analysis has revealed the influence of processes of different scales on repeatability of thunder-storms in the regions of Ukraine's Black sea coast.

Key words: Ukraine's Black sea coast, repeatability of thunder-storms, componential analysis.

Постановка проблемы и актуальность задачи

Грозы являются одним из опасных явлений погоды, связанных с конвективной облачностью. Климатический обзор грозовой активности проводился ранее для отдельных областей Причерноморья [1, с. 377; 2, с. 138], комплексного исследования повторяемости гроз для всего региона проведено не было. Современные климатические изменения, характеризующиеся повышением температуры воздуха, имеют решающее влияние на условия формирования опасных явлений погоды, поэтому мониторинг условий образования грозových явлений на территории Причерноморья является актуальным вопросом [4, с. 314].

Материалы и методы исследования

Достоверность полученных результатов обеспечивают фактические данные о повторяемости гроз [6] и применение методов многомерного статистического анализа [5, с. 376]. В работе анализируются данные о числе дней с грозowymi явлениями на территории Причерноморья, с апреля по сентябрь за период 1983-2011 гг., полученные по сети 29 метеорологических станций. Использовалась база данных испанского климатического сайта о числе дней с грозowymi явлениями на станциях России, Украины, Молдовы, Болгарии, Турции, Грузии [6].

Целью работы является получение собственных значений и собственных векторов матрицы корреляции, параметризация поля повторяемости гроз, проведение анализа полей первых собственных векторов, благодаря чему появляется возможность ликвидировать большую рассредоточенность исходной информации, а также решение проблемы сжатия и фильтрации исходной информации. Известно, что поля метеорологических величин формируются под действием атмосферных процессов разных масштабов: макромасштаба, синоптического масштаба, мезомасштаба и более мелкого масштаба. Компонентный анализ позволяет сосредоточить внимание отдельно на процессах разных масштабов, влияющих на условия возникновения изучаемого явления [5, с.376]. В основе решения задачи сжатия исходной информации лежит линейное ортогональное преобразование исходного поля (1) в базисе собственных векторов матрицы корреляции:

$$\Delta X_j = \begin{Bmatrix} \Delta X_{1j} \\ \Delta X_{2j} \\ \dots \\ \Delta X_{ij} \\ \dots \\ \Delta X_{nj} \end{Bmatrix}, i = 1, \bar{n}. \quad (1)$$

Для определения собственных векторов матрицы корреляции используется матричное уравнение полной проблемы собственных значений:

$$R_x W_i = \lambda_i W_i, \quad (2)$$

где: R_x – матрица корреляции, λ_i – собственное значение матрицы корреляции, W_i – i -тый ортонормированный собственный вектор.

Решение полной проблемы собственных значений дает возможность получить собственные значения (λ_i) и собственные век-

торы (W_i) матрицы корреляции. Свойство ортогональности собственных векторов дает возможность рассматривать совокупность собственных векторов как базис n -мерного евклидова пространства R^n и провести разложение вектора ΔX_j или (X_j) в этом базисе. Вектор ΔX_j представляет собой метеорологический объект – поля повторяемости гроз. Проведем разложение вектора ΔX_j чтобы получить вектор меньшего размера, которому были бы присущи все основные физические свойства исходного вектора:

$$W' \Delta X_j = Z_j, \quad (3)$$

где

$$Z_j = \begin{Bmatrix} Z_{1j} \\ Z_{2j} \\ \dots \\ Z_{ij} \\ \dots \\ Z_{nj} \end{Bmatrix}, i = 1, \bar{n}. \quad (4)$$

Результаты и их обсуждение

Известно, что суммарная дисперсия метеорологического поля распределяется таким образом, что наибольшая ее часть представляет собой дисперсию первой ортогональной компоненты. Как показал анализ полученных результатов, для исследуемого поля повторяемости гроз величины первых пяти собственных значений исчерпывают около 56 % суммарной дисперсии поля (табл. 1). С помощью скользящего сглаживания проведено избавление от шумовой компоненты во временных рядах главных компонент числа дней с грозой. Для скользящего сглаживания использовалась периодичность с максимальной энергией колебания, рассчитанная с помощью быстрого преобразования Фурье.

Таблица 1

Охват дисперсии (%) повторяемости гроз

№ компонента	Собственное число	% охвата
1	7,81	26,94
2	3,16	10,91
3	2,26	7,79
4	1,83	6,30
5	1,21	4,17
Сумма:	-	56,11

Поскольку наиболее крупномасштабные атмосферные процессы характеризуются наибольшей дисперсией, то первый ортогональный компонент Z_1 и первый собственный вектор отражает особенности процессов наиболее крупных масштабов, под действием которых формируются поля числа дней с грозой. Второй, третий и последующие ортогональные компоненты характеризуют процессы более мелкого масштаба, в том числе и шумы, обусловленные ошибками.

С помощью быстрого преобразования Фурье с вероятностью 68 % выявлено, что для первых двух главных компонентов характерны двухлетние колебания (рис. 1а и 1б), а для третьего главного компонента – трехлетнее (рис. 1в). Кроме того, анализ временной изменчивости первого главного компонента показал, что за 29-летний период наблюдается разнонаправленная тенденция. Период 1983-1993 гг. характеризуется незначительной отрицательной тенденцией, а 1994-2011 гг. – значительной положительной тенденцией (рис. 1б). Полученная динамика хорошо описывает устойчивый рост грозовой активности в регионе. Для второго главного компонента характерна устойчивая отрицательная тенденция (рис. 1б). Временная изменчивость значений третьего главного компонента описывается практически нулевым трендом (рис. 1в).

Проведем анализ полей первых трех собственных векторов, для этого визуализируем расчетные значения (рис. 2). Поле первого собственного вектора представлено положи-

тельными значениями с тремя максимумами, и только запад региона (ст. Львов) характеризуется отрицательным значением (рис. 2а). Зона максимумов расположена севернее акватории Черного моря, зона максимальных значений приходится на Донецкий кряж, который является естественной возвышенностью, находящейся на пути воздушных потоков. Здесь наблюдается более 50 % от общего числа дней с грозой за год на Украине. Необходимо заметить, что повторяемость и интенсивность гроз над континентом всегда значительно больше, чем у побережья морей и океанов. Поле первого собственного вектора хорошо иллюстрирует эту особенность. Поле второго собственного вектора характеризуется более сложной и мелкой структурой. Основной деталью этого поля является зона положительных значений, охватывающая всю акваторию Черного моря (рис. 2б).

Известно, что грозы в Причерноморском регионе наблюдаются одновременно с ливневыми осадками. Оба эти явления непосредственно связаны с конвективной облачностью. Необходимо заметить, что зона положительных значений, охватывающая всю акваторию Черного моря, также характеризуется сосредоточением максимумов количества осадков, с которыми связана грозовая активность в регионе [3, с. 15]. Одним из обязательных условий формирования облачности и реализации гроз является наличие атмосферных ядер конденсации. Над акваторией Черного моря – это соли (растворимые ядра конденсации), способствующие усиле-

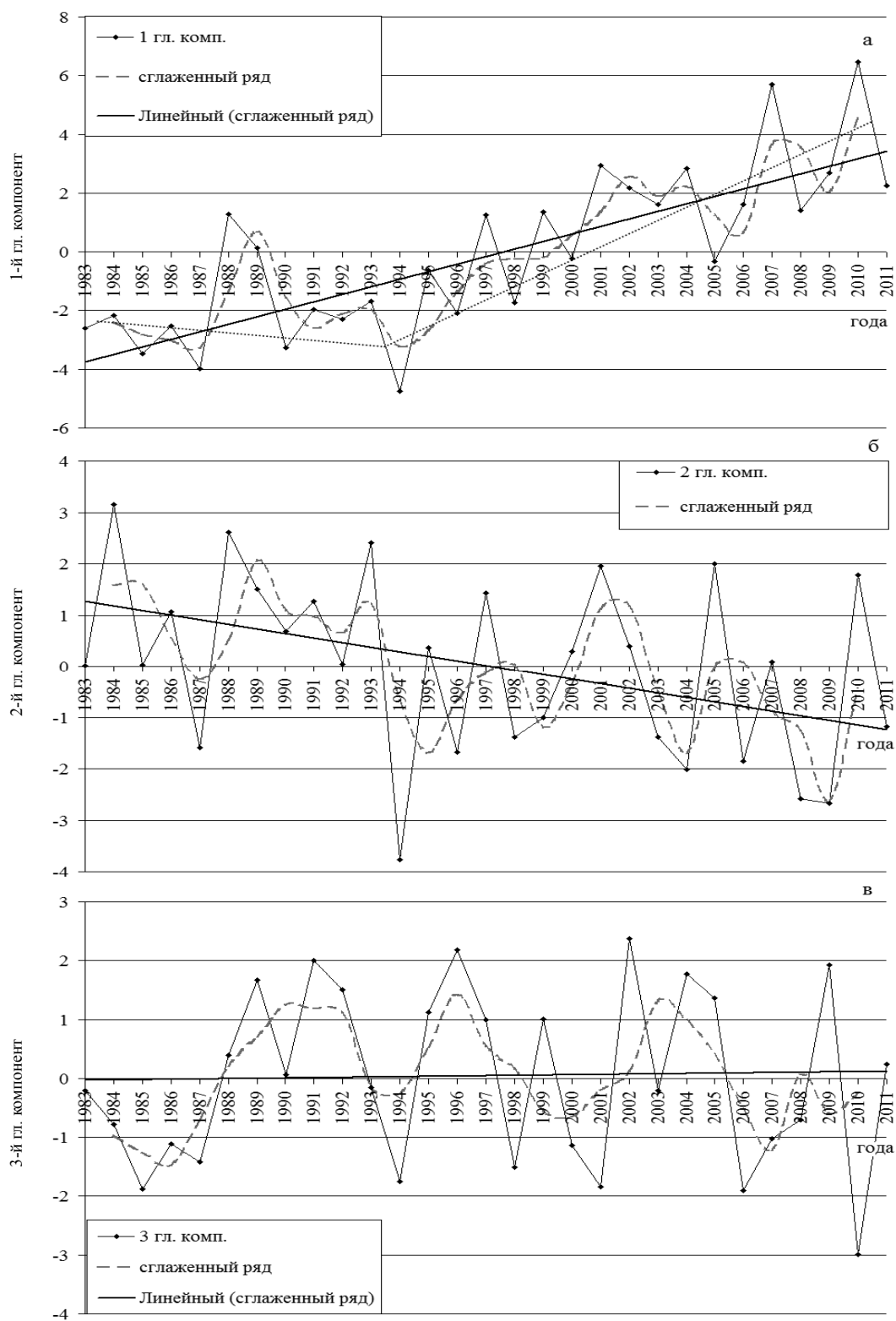


Рис. 1. Ряды первых трех главных компонент повторяемости гроз

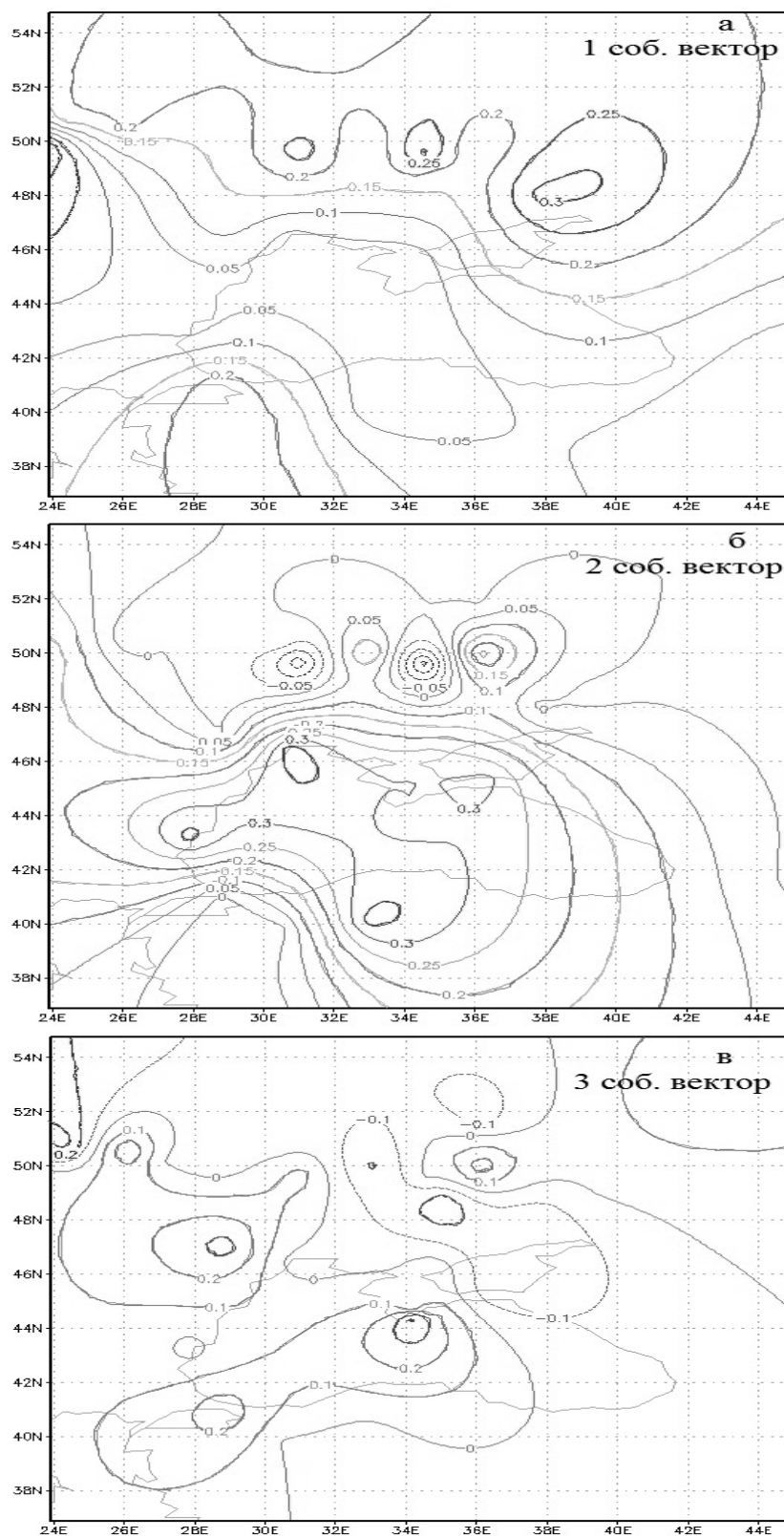


Рис. 2. Поля первых трех собственных векторов повторяемости гроз

нию процессов электризации в облаках [4, с. 315]. Поле третьего собственного вектора представлено небольшими горизонтальными градиентами и разделено на две зоны: положительных значений на юго-западе региона, а также отрицательных и нулевых значениях на остальной территории (рис. 2в).

Зона положительных значений хорошо описывает перемещение в Причерноморский регион теплого, насыщенного влагой воздуха средиземноморского происхождения.

Выводы

Таким образом, с помощью компонентного анализа проведена параметризация поля повторяемости гроз. Получены собственные значения матрицы корреляции, а также решена проблема сжатия исходной информации. Как показал анализ полученных результатов, для исследуемого поля повторяемости гроз величины первых пяти собственных значений исчерпывают около 56 % суммарной дисперсии поля, что свидетельствует о большом количестве факторов, от которых зависит повторяемость грозовой активности в Причерноморском регионе.

С помощью быстрого преобразования Фурье выявлено, что для первых двух главных компонентов характерны двухлетние колебания, а для третьего главного компонента – трехлетнее колебание. Первый главный компонент, значения которого исчерпывают около 27 % суммарной дисперсии поля, в период 1994-2011 гг. представлен значительной положительной тенденцией и хорошо описывает устойчивый рост грозовой активности в регионе.

Проведенный анализ полей первых собственных векторов показал, что зона максимумов поля первого собственного вектора охватывает практически всю северную часть исследуемого региона, для которой характерна максимальная грозовая активность. Поле второго собственного вектора представлено

более мелким масштабом, зона положительных значений охватывает всю акваторию Черного моря. Эта зона также характеризуется сосредоточением максимумов количества осадков, с которыми связана грозовая активность в регионе. Зона положительных значений поля третьего собственного вектора хорошо описывает перемещение в Причерноморский регион теплого, насыщенного влагой воздуха средиземноморского происхождения.

Полученные результаты показали, что грозовая активность на территории Причерноморского региона связана с большим количеством факторов, основным из которых является формирование конвективных облаков. Главным условием возникновения конвективной облачности является неустойчиво стратифицированная атмосфера, характеризующаяся большим тепло- и влагосодержанием, а также большую роль играют орографические особенности подстилающей поверхности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бадахова Г.Х. Тенденции грозоградовой активности в различных климатических зонах Ставропольского края на фоне глобального потепления // Материалы научно-практической конференции, ВГИ 10–12.10.2007. – Нальчик, 2007. – С. 377–378.
2. Данова Т.Е. Радиолокационные характеристики ночных гроз в Причерноморье // Вестник Одесского государственного экологического университета. – 2008. – № 5. – С. 137–141.
3. Касаджик Т.Л. Мониторинг современного состояния количества и повторяемости осадков на территории Украины / Материалы международной молодеж. науч. конф. «Планета – наш дом», ДонГТУ, 19.04.2013. – Алчевск, 2013. – С 14–17.
4. Качурин Л.Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. – Л.: Гидрометиздат, 1990. – 464 с.
5. Школьный Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник, – К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с.
6. El Tiempo [сайт]. URL: www.tutiempo.net (дата обращения: 12.09.2013).

УДК 577.118:574.524(478.9)

**Капитальчук М.В.¹, Голубкина Н.А.²,
Шешнищан С.С.¹, Капитальчук И.П.¹**

¹Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко (г. Тирасполь)

²Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур
(Московская область)

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ СЕЛЕНА РАСТЕНИЯМИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ МОЛДАВИИ

M. Kapitalchuk¹, N. Golubkina², S. Sheshnitsan¹, I. Kapitalchuk¹

¹Taras Shevchenko Transdnestrian State University, Tiraspol

²All-Russian Scientific Research Institute of Breeding and Vegetable Seed Culture,
Moscow region

FEATURES OF SELENIUM ACCUMULATION BY THE PLANTS OF FRESHWATER ECOSYSTEMS IN MOLDOVA

Аннотация. Впервые для территории Молдавии представлены результаты по накоплению селена растениями водных экосистем. Во всех экосистемах наблюдается повышенное содержание этого микроэлемента в воде, изменяясь в диапазоне 0,20–6,09 мкг/л. Содержание селена в растениях определялось для четырех экологических групп – водоросли, гидрофиты, гелофиты и прибрежные растения. Установлено, что концентрации селена в растениях составляют от 19 до 2917 мкг/кг и могут превышать его количество в воде в 3740 раз. Наблюдаются отличия в накоплении селена растениями в разных экосистемах, разных группах и внутри одного вида. Наиболее существенными оказались вариации его концентрации в пределах отдельных видов, особенно для водорослей и гидрофитов. Исходя из средних концентраций селена, группы растений можно расположить в виде следующей последовательности: прибрежные растения (139) < гелофиты (182) < водоросли (532) < гидрофиты (855).

Ключевые слова: селен, биоаккумуляция, водная экосистема, водоросли, гидрофиты, гелофиты, прибрежные растения.

Abstract. The results of investigation on selenium accumulation by the plants of freshwater ecosystems in Moldova are presented in the first time. Elevated concentrations of this trace element in surface waters ranging from 0.20–6.09 µg/L were observed. Selenium concentrations in plants were defined for some ecological groups such as algae, hydrophytes, helophytes and water-side plants. It was found that selenium contents in plants were ranged from 19 to 2917 µg/kg (dry weight) and higher than selenium concentrations in water more than 3740 times. Ecosystem differences in selenium accumulation by plants and differences within ecological groups were observed. The most significant concentration differences within some plant species particularly in algae and hydrophytes were found. Average selenium concentrations (µg/kg dry weight) increased in the series of plant's ecological groups: water-side plants (139) < helophytes (182) < algae (532) < hydrophytes (855).

Key words: selenium, bioaccumulation, freshwater ecosystem, algae, hydrophytes, helophytes, water-side plants.

Селен (Se) как биогенный микроэлемент является эссенциальным для животных и человека [3] и условно необходимым микроэлементом питания растений [1]. Однако существуют, например, доказательства эссенциальности селена для водорослей [12]. Возможно, он также является жизненно важным элементом питания для подсолнечника [4]. Известно, что водные растения способны аккумулировать селен в количествах, в 1150 раз превышающих его концентрации в воде [10]. Находясь в основании пищевых цепей водных экосистем, многие виды этих растений определяют обеспеченность селеном организмов более высоких трофических уровней.

Повышенное содержание селена в компонентах водных экосистем вызывает увеличение его концентрации в пищевых цепях и может стать причиной токсичности этого элемента для

© Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Шешнищан С.С., Капитальчук И.П., 2013.

организмов высших трофических уровней [8; 10]. С другой стороны, растения являются естественным биофильтром и могут эффективно применяться в целях фиторемедиации загрязнённых селеном водных экосистем [9; 11]. В то же время, отмершие остатки растений, особенно при их чрезмерном разрастании, могут быть источником вторичного загрязнения водной среды [2]. Таким образом, оценка накопления селена водорослями и макрофитами представляется весьма актуальной, тем более для Молдавии, где изучение его миграции в водных экосистемах до сих пор не проводилось. Целью настоящей работы является восполнение этого пробела в системном изучении селена на данной территории.

Материалы и методы

Отбор проб воды и растений осуществлен в двух крупных водных объектах – реке Днестр и лимане-водохранилище реки Кучурган, а также в небольших водоемах и водотоках, расположенных в бассейне Среднего и Нижнего Днестра. Пробы воды брали на расстоянии 3-5 м от берега и на глубине 0,2-0,3 м от поверхности. В местах отбора проб воды собирались образцы водных и прибрежных растений. После определения систематической принадлежности растения высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали и гомогенизировали.

Количество Se в пробах воды определялось с помощью атомно-абсорбционной спектрофотометрии в лаборатории геохимии

Института геологии и сейсмологии АН Молдовы. Содержание Se в образцах растений определялось авторами микрофлуориметрическим методом [7].

Статистическую обработку проводили в системе статистического анализа STATISTICA 10. Поскольку для большинства малых выборок не было доказано нормальное распределение, их сравнение осуществляли при помощи непараметрического аналога дисперсионного анализа *H*-теста Краскела-Уоллиса. Различия между выборками считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Исследуемые водные объекты, а для Днестра – отдельные его части, существенно различаются по характеру экологических условий и антропогенного воздействия, что дает основание рассматривать их как разные типы экосистем. Результаты анализа образцов воды, представленные в табл. 1, показывают, что общий фон содержания селена в водных экосистемах достаточно высок и составляет в среднем 1,83 мкг Se в 1 л воды, варьируя от 0,20 до 6,09 мкг/л.

Для экосистем Среднего и Нижнего Днестра, разделенных плотиной Дубоссарской ГЭС, наблюдаются близкие значения средних концентраций селена и границ интервалов их колебаний. В Кучурганском лимане, используемом в качестве водоема-охладителя Молдавской ГРЭС, диапазон колебаний концентрации селена оказался более узким, а среднее его содержание примерно в 1,5 раза

Таблица 1

Содержание селена (мкг/л) в воде экосистем

Наименование экосистемы	Количество проб	Диапазон значений	Среднее значение
Средний Днестр	6	0,20–3,13	1,50
Нижний Днестр	5	0,25–3,73	1,59
Кучурганский лиман	6	0,60–1,43	1,01
Ягорлыкская заводь	3	0,71–3,25	2,34
Пруды	4	1,43–6,09	3,48
Все экосистемы	24	0,20 – 6,09	1,83

меньше по сравнению с Днестром. В то же время в устье речки Ягорлык (Ягорлыкская заводь), являющейся заповедной акваторией, средняя концентрация микроэлемента достигает 2,34 мкг/л, хотя количество селена в проанализированных образцах не выходит здесь за пределы интервала, установленного для Днестра. Максимальные концентрации селена, превышающие 6 мкг/л, наблюдаются в небольших прудах, располагающихся в населенных пунктах, и, вероятно, обусловлены антропогенными факторами.

Приведенные в табл. 1 данные хорошо согласуются с результатами наших исследований, проведенных ранее в этом регионе. В частности, тогда было установлено, что содержание селена в водоемах сельской местности составляет в среднем 1,5 мкг/л с максимумом 3 мкг/л, а в городских водоемах его средняя концентрация возрастает до 5,6 мкг/л при максимальном значении 8,8 мкг/л [5]. Таким образом, водные экосистемы на исследуемой территории содержат большое количество водорастворимого селена, доступного для усвоения и накопления растениями.

Данные о среднем содержании селена в растениях водных экосистем представлены в табл. 2. Здесь все макрофиты разделены на три группы в зависимости от их экологических особенностей [6]: гидрофиты, гелофиты и прибрежные растения. Оценка, проведенная нами с помощью теста Краскела–Уоллиса, показала, что в рассматриваемых выборках эти группы растений действительно различаются по способности аккумулировать селен

($p = 0,0038$). Дополнительно была выделена группа водорослей, куда вошли представители зелёных нитчатых водорослей.

В среднем наибольшее количество селена аккумулируют гидрофиты и водоросли, причем статистически значимых различий между двумя этими группами растений по способности накапливать микроэлемент не наблюдается. Вариации средней концентрации селена в водорослях разных водных экосистем относительно невелики за исключением Кучурганского лимана, где его содержание в мужоции (*Mougeotia* sp.) оказалось аномально высоким – 2917 мкг/кг. Эта концентрация в 8-10 раз превышает средние показатели накопления селена водорослями в других водоемах и в 3740 раз больше содержания микроэлемента в воде на момент сбора растений.

Заметно различаются средние концентрации селена в гидрофитах разных экосистем. Превышение максимума (Ягорлыкская заводь) над минимумом (Нижний Днестр) для этого показателя составляет более чем в 6 раз. Обратим внимание на высокое содержание селена в гидрофитах Кучурганского лимана, что хорошо согласуется с его аномально высокой концентрацией в водорослях. Возможной причиной столь интенсивного поглощения селена гидрофитами и водорослями является воздействие на эту экосистему выбросов Молдавской ГРЭС, использующей в качестве топлива уголь. Повышенное количество микроэлемента в растениях Ягорлыкской заводи, являющейся заповедной территорией, соответствует его высокой кон-

Таблица 2

Среднее содержание селена в растениях водных экосистем

Наименование экосистемы	Содержание Se, мкг/кг воздушно-сухого вещества			
	водоросли	гидрофиты	гелофиты	прибрежные
Средний Днестр	284	549	192	149
Нижний Днестр	325	270	–	144
Кучурганский лиман	2917	1299	176	–
Ягорлыкская заводь	–	1699	233	–
Пруды	332	762	162	38
Все экосистемы	532	855	182	139

центрации в воде (см. табл. 1) и обусловлено, видимо, геохимическими условиями на площади водосбора. Для подтверждения этих предположений требуется проведение дополнительных исследований.

Таким образом, гидрофиты, также как и водоросли, являются мощными аккумуляторами селена. Среднее количество содержащегося в них селена превышает его среднюю концентрацию в воде Кучурганского лимана в 1286 раз, а Ягорлыкской заводи – в 726 раз.

Существенно более низкой аккумуляцией селена характеризуются гелофиты и прибрежная растительность, которые в среднем накапливают 182 и 139 мкг Se/кг соответственно. Тем не менее, эти концентрации все же превышают в 1,2-1,6 раз среднее его количество, накапливаемое сельскохозяйственными растениями региона (111-112 мкг/кг)

[5]. В среднем наибольшее количество селена наблюдается у гелофитов (233 мкг/кг), произрастающих в Ягорлыкской заводи, и у прибрежных растений (149 мкг/кг) Среднего Днестра.

Исходя из средних концентраций, межгрупповые различия в накоплении селена можно отобразить в виде следующей последовательности: **прибрежные растения** (139) < **гелофиты** (182) < **водоросли** (532) < **гидрофиты** (855). Согласно работе [10], пресноводные водоросли и водные растения могут аккумулировать селен в широком диапазоне: от 100 до 2000 мкг/кг. Из данных, представленных в табл. 3, видно, что для водных экосистем Молдавии этот диапазон несколько шире и составляет 19-2917 мкг/кг.

Межвидовые различия в способности биоаккумуляции селена внутри выделен-

Таблица 3

**Аккумуляция селена различными видами водно-болотных растений
(мкг/кг воздушно-сухого вещества)**

Экологические группы растений	Количество проб	Диапазон значений	Среднее значение
Водоросли			
<i>Cladophora</i> sp.	6	36–562	334
<i>Mougeotia</i> sp.	6	19–2917	794
<i>Ulortix</i> sp.	1	56	
Гидрофиты			
<i>Potamogeton</i> sp.	7	111–959	573
<i>Myriophyllum spicatum</i>	5	57–1699	969
<i>Ceratophyllum demersum</i>	4	712–2040	1133
<i>Lemna trisulca</i>	1	1526	
<i>Salvinia natans</i>	1	1657	
Гелофиты			
<i>Phragmites australis</i>	8	81–366*	204*
	8	104–302**	181**
<i>Typha angustifolia</i>	3	84–160*	119*
	2	59–321**	190**
Прибрежные растения			
<i>Ranunculus polyphyllus</i>	4	62–181	113
<i>Rumex stenophyllus</i>	4	124–299	183
<i>Polygonum amphibium</i>	3	110–261	200
<i>Carex riparia</i>	2	38–68*	53
	1	47**	

Примечание: (*) – надводная часть, (**) – корневище

ных групп растений могут быть весьма существенными. Так, для разных видов гидрофитов установлены, по меньшей мере, 50-кратные различия в биоаккумуляции и интенсивности поглощения этого микроэлемента [10]. Однако имеющиеся у нас данные (табл. 3) не подтверждают столь больших межвидовых различий для гидрохимических условий Молдавии. Если рассматривать в качестве показателя межвидовых различий отношение средних концентрации селена отдельных видов для соответствующей группы, исключив виды с единичными образцами, то межвидовые различия составят для водорослей – 2,4; гидрофитов – 1,7-2,0; гелофитов (надводная часть) – 1,7; прибрежных растений – 2,1-3,8.

Эти показатели несущественно изменятся при переходе к соотношениям максимальных концентраций, и будут иметь следующие значения (без учета единичных образцов): водоросли – 5,2; гидрофиты – 1,2-2,1; гелофиты (надводная часть) – 2,3; прибрежные растения – 1,2-4,4.

Проведенные выше оценки дают общие представления о межвидовых различиях в способности накапливать селен. Более адекватные оценки такого рода можно получить путем сравнения концентрации микроэлемента в разных видах растений, собранных в одной точке отбора проб, где обеспечивается относительная однородность экологических условий. Например, в точке отбора проб в Кучурганском лимане с концентрацией селена в воде $0,87 \pm 0,17$ мкг/л содержание микроэлемента в растениях составило (мкг/кг): сальвиния (*Salvinia natans*) – 1657, ряска тройчатая (*Lemna trisulca*) – 1526, роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*) – 712, тростник южный (*Phragmites australis*) – 185, рогоз узколистный (*Typha angustifolia*) – 160. Отсюда находим, что в одинаковых экологических условиях сальвиния аккумулирует селен лучше ряски в 1,1 раза, роголистника – в 2,3 раза, тростника – в 9 раз, рогоза – в 10,4 раза.

И все же, исходя из данных табл. 3, следует признать, что межвидовые различия в

способности аккумулировать селен уступают внутривидовым колебаниям концентрации селена в водно-болотных растениях. Интервалы внутривидовых превышений максимальных концентраций Se над минимальными для разных групп составляют (в размах): водоросли – 16-154, гидрофиты – 3-30, гелофиты – 2-5, прибрежные растения – 2-3.

Выводы

1. В водных объектах Молдавии наблюдается повышенное содержание селена, доступного для усвоения растениями.

2. Водно-болотные растения являются мощными накопителями селена, аккумулируя его в диапазоне от 19 до 2917 мкг/кг. Наибольшей поглощающей способностью обладают водоросли и гидрофиты.

3. Установлены статистически значимые различия для средних концентраций селена в разных экологических группах – гидрофитах, гелофитах и прибрежных растениях, а также выявлены межвидовые и внутривидовые различия в способности растений аккумулировать Se. Наиболее значимыми оказались внутривидовые колебания концентрации микроэлемента.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Агрохимия / под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.
2. Власов Б.П., Гигевич Г.С. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: методические рекомендации. – Минск: Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2002. – 84 с.
3. Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании: растения, животные, человек. – М.: Печатный город, 2006. – 254 с.
4. Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Капитальчук И.П. Селен и его антагонисты в биогеохимической цепи «почва-растение» в условиях Приднестровья // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2011. – № 2. – С. 137-141.
5. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Голубкина Н.А. Аккумуляция и миграция селена в компонентах биогеохимической цепи «почва-растение-человек» в условиях Молдавии // Поволжский экологический журнал. – 2011. – № 3. – С. 323-335.

6. Папченков В.Г. О классификации макрофитов водоёмов и водной растительности // *Экология*. – 1985. – № 6. – С. 8–13.
7. Alfthan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // *Anal. Chim. Acta*, 1984. – Vol. 65. – P. 187–194.
8. Ecological assessment of selenium in the aquatic environment. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. – 339 p.
9. Hansen D., Duda P.J., Zayed A., Terry N. Selenium removal by constructed wetlands: role of biological volatilization // *Env. Sci. Technol.* – 1998. – Vol. 32. – P. 591–597.
10. Ohlendorf H.M. Ecotoxicology of selenium // *Handbook of Ecotoxicology*. – 2nd ed. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. – P. 465–500.
11. Shardendu, Salhani N., Boulyga S.F., Stengel E. Phytoremediation of selenium by two helophyte species in subsurface flow constructed wetland // *Chemosphere*. – 2003. – Vol. 50. – P. 967–973.
12. Terry N., Zayed A.M., de Souza M.P., Tarun A.S. Selenium in higher plants // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 2000. – Vol. 51. – P. 401–432.

УДК 551.46

Кузнецов К.И.¹, Пелиновский Е.Н.¹, Куркин А.А.¹, Зайцев А.И.²

¹Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е.Алексеева (г. Нижний Новгород)

²Специальное конструкторское бюро средств автоматизации
морских исследований ДВО РАН (г. Южно-Сахалинск)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ВАРИАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ НА МОРСКОМ ДНЕ

K. Kuznetsov¹, E. Pelinovsky¹, A. Kurkin¹, A. Zaytsev²

¹R.E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University

²Special Research Bureau for Automation of Marine Research, Far Eastern Branch,
Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk

RECOVERY OF SURFACE WAVES BY THE MEASUREMENTS OF PRESSURE VARIATIONS AT THE SEABED

Аннотация. Исследуется возможность восстановления параметров ветровых волн по измерениям донного давления. В рамках слабо-дисперсионной полно-нелинейной теории длинных волн (так называемой системы Железняк-Пелиновского) и предположении о движении волны с постоянной скоростью, получена явная приближенная формула для одноточечной связи между вариациями давления и смещения водной поверхности. Она включает нелинейные и дисперсионные поправки к гидростатической формуле, получаемой из нелинейной теории мелкой воды. Выполнены количественные расчеты восстановления параметров волны по показаниям донного датчика. Отмечается, что для условий Охотского моря негидростатические поправки могут достигать 50%.

Ключевые слова: система Железняк-Пелиновского, ветровые волны, придонное давление, Охотское море, датчик придонного давления.

Abstract. We study the possibility of recovering the parameters of wind waves by the measurements of the bottom pressure sensor. In the framework of a weakly-dispersive fully nonlinear theory of long waves (so-called Zheleznyak–Pelinovsky model) and the assumption of a wave moving at a constant speed, we have derived an explicit approximate formula for the one-point relation between the pressure variation and water surface displacement. It includes nonlinear and dispersive corrections to the hydrostatic equation obtained from the nonlinear theory of shallow water. We have performed quantitative calculations of recovery parameters of the wave according to the measurements of the bottom sensor. It is noted that for the conditions of the Sea of Okhotsk non-hydrostatic corrections may reach 50%.

Key words: Zheleznyak–Pelinovsky model, wind waves, bottom pressure, Sea of Okhotsk, bottom pressure sensor.

Распространенным методом измерения морских волн становится использование измерителей давления под водой или на морском дне. В частности, так работает система американская система буев DART, предназначенная для регистрации цунами в открытом океане [9]. Волны цунами являются достаточно длинными, так что вызываемое ими давление определяется известными формулами гидростатики. Учитывая к тому же, что такие буи установлены на больших глубинах, где ветровые волны уже не чувствуются, то задача восстановления смещения морской поверхности по вариациям придонного давления не вызывает особых затруднений. Если же датчики давления используются в мелком море, или при относительно небольшом погружении в воду, то они регистрируют колебания давления, связанные с волнами зыби и ветровыми волнами. Эти волны уже не являются длинными, так что давление в них не описывается гидростатической формулой. Такая ситуация, в частности, реализуется в условиях Охотского моря, где

Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН [5] и Специальным конструкторским бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН [3] развернута система донных датчиков на глубинах от 10 до 20 м.

Восстановление колебаний морской поверхности, в частности волн зыби и ветровых волн, по данным регистраторов давления в общем случае является непростой задачей. Наиболее популярна в инженерной практике линейная теория волн на воде, определяющая связь между колебаниями придонного давления и морской поверхности [4; 8; 17; 18; 21]. Однако измерения показывают, что ошибка в предсказаниях параметров ветровых волн по данным регистраторов давления может достигать почти 20% [10]. Имеющаяся разница обусловлена влиянием нелинейности морских волн, которая не учитывается в рамках линейной теории потенциального движения жидкости. Совсем недавно начались исследования этой проблемы с позиций полнонелинейной потенциальной теории волн на воде [11-15; 20]. Получаемые в теории интегральные уравнения весьма громоздкие и трудны для практического использования. Начаты также экспериментальные исследования связи между полем давления и морскими волнами в лотке [20].

В настоящей работе задача восстановления колебаний морской поверхности по данным регистратора давления решается в рамках опубликованных слабо дисперсионных обобщений нелинейной теории мелкой воды [2; 6; 7; 16]. В их числе – основные уравнения негидростатической модели Железняк-Пелиновского и выражение для давления в толще воды, методика восстановления колебаний уровня моря по данным донных регистраторов. На их основе получены и суммированы результаты расчетов для условий Охотского моря.

Слабодисперсионная модель нелинейных морских волн в бассейне произвольной глубины

В настоящее время существует много разновидностей слабодисперсионных обобщений нелинейной теории мелкой воды. Здесь

мы воспользуемся так называемой системой уравнений Железняк-Пелиновского для волн в бассейне переменной глубины [2].

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \operatorname{div}[(h + \eta)\bar{u}] = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + (\bar{u} \nabla) \bar{u} + g \nabla \eta = \bar{D} \{\eta, u', x\}, \quad (2)$$

где $\eta(x, y, t)$ – смещение водной поверхности, $\bar{u}(x, y, t)$ – двух-компонентный вектор усредненной по глубине скорости течения, $h(x, y)$ – невозмущенная глубина бассейна, g – ускорение силы тяжести, и $\bar{D}$ – функционал, определяющий влияние малой дисперсии

$$\bar{D} = \frac{1}{3(h + \eta)} \nabla \left[(h + \eta)^3 R + \frac{(h + \eta)^2}{2} Q \right] - \nabla h \left[\frac{h + \eta}{2} R + Q \right], \quad (3)$$

$$R = \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} \bar{u} + (\bar{u} \nabla) \operatorname{div} \bar{u} - (\operatorname{div} \bar{u})^2, \quad (4)$$

$$Q = \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} \nabla h + (\bar{u} \nabla)(\bar{u} \nabla h). \quad (5)$$

Как уже отмечалось в [6], форма записи слабодисперсионных систем (1) – (2), точнее, выражения для функционала $\bar{D}$, имеет важное значение при конструировании эффективных численных алгоритмов. Так, уравнения Железняк-Пелиновского более удобны для численной реализации, поскольку не содержат вторых производных по времени.

Запишем также выражение для поля давления на любой глубине под поверхностью, получаемого в рамках данной модели [1; 2]

$$p = p_{\text{атм}} + \rho g(\eta - z) + \frac{\rho}{2} [z^2 + 2h(z - \eta) - \eta^2] R - \rho(\eta - z) Q, \quad (6)$$

где ρ – плотность воды, вертикальная координата z направлена вверх. Два последних слагаемых в (6) описывают влияние нелинейной дисперсии на поле давления. В случае бассейна постоянной глубины последнее слагаемое в (6) отсутствует. Приведем здесь же выражение для давления на дне, которое обычно и меряется большинством донных регистраторов

$$p = p_{atm} + \rho g(\eta + h) - \frac{\rho}{2}[h^2 + 2h\eta + \eta^2]R - \rho(\eta + h)Q. \quad (7)$$

Удобно измерять давление в терминах эффективного смещения

$$\xi = \eta - \frac{1}{2g}[h^2 + 2h\eta + \eta^2]R - \frac{1}{g}(\eta + h)Q, \quad (8)$$

так что

$$p(x, y, z = -h, t) = p_{atm} + \rho gh + \rho g\xi(x, y, t). \quad (9)$$

Эти уравнения являются исходными для решения задачи о восстановлении колебаний свободной поверхности по данным регистраторов давления.

Связь колебаний водной поверхности с вариациями давления

В измерениях с использованием донных регистраторов давления из формулы (9) легко вычислить колебания эффективного смещения $\xi(x, y, t)$. Она совпадает с реальными колебаниями морской поверхности только при условии пренебрежения негидростатических добавок в (8), что справедливо только для очень длинных волн. В общем же случае возникает задача нахождения неизвестной функции $\eta(x, y, t)$ по известной функции $\xi(x, y, t)$. Наш подход использует то обстоятельство, что при выводе слабодисперсионной модели нелинейных волн на воде использовалась малость дисперсии, то есть функционала $\bar{D}$, что автоматически ведет к малости R и Q . Это означает, что негидростатические поправки к давлению в (7) и (8) должны быть малы. Но тогда в малых слагаемых возможно отождествление функций $\eta(x, y, t)$ и $\xi(x, y, t)$. В результате формула (8) может быть обращена

$$\eta \approx \xi + \frac{1}{2g}[h^2 + 2h\xi + \xi^2]R + \frac{1}{g}(h + \xi)Q. \quad (10)$$

Такое же приближение необходимо сделать в функциях R и Q . Но обе функции зависят от поля скоростей, а не поля смещения – смотри (4) и (5). Таким образом, задача свелась к вычислению поля скоростей по задан-

ному полю эффективного смещения, и для этого возможно использование уравнения (1) или (2), которые с нужной точностью записываются как

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \text{div}[(h + \xi)\vec{u}] = 0, \quad (11)$$

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u}\nabla)\vec{u} + g\nabla\xi = 0. \quad (12)$$

В общем случае волнового поля в бассейне переменной глубины поле скоростей может быть определено только численно по полю смещения, что означает невозможность получения аналитических зависимостей для иско-мой задачи. На практике, однако, волнение на море представляет собой две системы волн: ветровые и зыбь, каждая из которых имеет узкую диаграмму направленности. Если зыби нет, то имеем дело с однонаправленными волнами, и для них возможно использовать одномерную систему (11) - (12). В частности, уравнение (11) трансформируется в

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(h + \xi)u] = 0. \quad (13)$$

В случае распространения прогрессивной волны в бассейне постоянной глубины решение уравнения (13) находится в явном виде

$$u = V \frac{\xi}{h + \xi}, \quad (14)$$

где V – скорость распространения волны. В результате мы имеем замкнутую формулу для вычисления смещения водной поверхности

$$\eta \approx \xi + \frac{1}{2g}[h^2 + 2h\xi + \xi^2]R. \quad (15)$$

где R вычисляется из (4)

$$R = \frac{\partial^2 u}{\partial t \partial x} + u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2, \quad (16)$$

и скорость u – с помощью (14). Наконец, надо учесть то обстоятельство, что давление

измеряется в точке, поэтому все пространственные переменные должны быть заменены на временные с использованием связи

$$\frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{V} \frac{\partial u}{\partial t}. \quad (17)$$

В результате, функция R записывается в виде

$$R = -\frac{1}{V} \left(1 - \frac{u}{V} \right) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{1}{V^2} \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)^2, \quad (18)$$

Важно отметить, что для вычисления смещения водной поверхности в точке, мы должны знать вариации давления в точке и согласно (18) – скорость распространения волны V . На самом же деле, в (18) всюду входит скорость течения и скорость волны не независимо, а через комбинацию u/V . Последняя же находится из (14) как

$$\frac{u}{V} = \frac{\xi}{h + \xi}, \quad (19)$$

так что знание скорости распространения волны не является обязательным. Таким образом, мы можем привести окончательное выражение вычисления смещения водной поверхности

$$\eta \approx \xi - \frac{1}{2g} \left[h^2 + 2h\xi + \xi^2 \right] \left[\frac{h}{h + \xi} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\xi}{h + \xi} \right) + \left\{ \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\xi}{h + \xi} \right) \right\}^2 \right]. \quad (20)$$

Формула (20) позволяет оценить смещение водной поверхности по измерениям донного давления. Отметим, что оно должно измеряться достаточно аккуратно, чтобы иметь возможность вычислить ее вторую производную. Формальным ограничением данного подхода является малость дисперсионных эффектов, так что волна должна быть достаточно длинной. При этом на амплитуду ее не накладывается никаких ограничений. Если к тому же волна имеет достаточно малую амплитуду, то, учитывая и малость дисперсии, во всех «негидростатических» членах можно пренебречь влиянием нелинейности. Тогда

формула (20) принимает очень простой вид

$$\eta \approx \xi - \frac{h}{2g} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}. \quad (21)$$

Примеры расчета поверхностных волн по вариациям донного давления для условий Охотского моря

Рассмотрим несколько примеров аналитического вычисления смещения водной поверхности, используя модельные записи вариаций давления на дне. При этом мы будем использовать эффективное смещение, чтобы обе характеристики имели одну размерность.

А) *Распространение монохроматической волны*

$$\xi(t) = A \sin(\omega t). \quad (22)$$

В малоамплитудном приближении смещение водной поверхности остается синусоидальным и синфазным вариациям давления

$$\eta(t) = A \left(1 + \frac{h\omega^2}{2g} \right) \sin(\omega t). \quad (23)$$

Как видим, амплитуда колебаний свободной поверхности превышает гидростатическое значение.

Для оценки отличия малоамплитудного приближения от гидростатического приближения, построим графики $\xi(t)$ и $\eta(t)$, с параметрами, характерными для шельфа Охотского моря, которые были получены во время натурных экспериментов [19]. На шельфе Охотского моря наиболее часто встречаются волны с периодами 4-7 секунд, а наиболее часто наблюдаемые амплитуды волн колеблются в диапазоне от 10 см до 40 см. Натурные наблюдения при этом проводились на глубинах от 5 м до 20 м, с помощью датчиков придонного давления. На рис. 1 приведены функции $\xi(t)$ и $\eta(t)$ для волны с периодом 4 секунды в бассейне глубиной 20 метров. Отклонения от гидростатики довольно слабые. Рис. 2 демонстрирует влияние негидростатических эффектов через отношение $\eta(t)/\xi(t)$. Для ус-

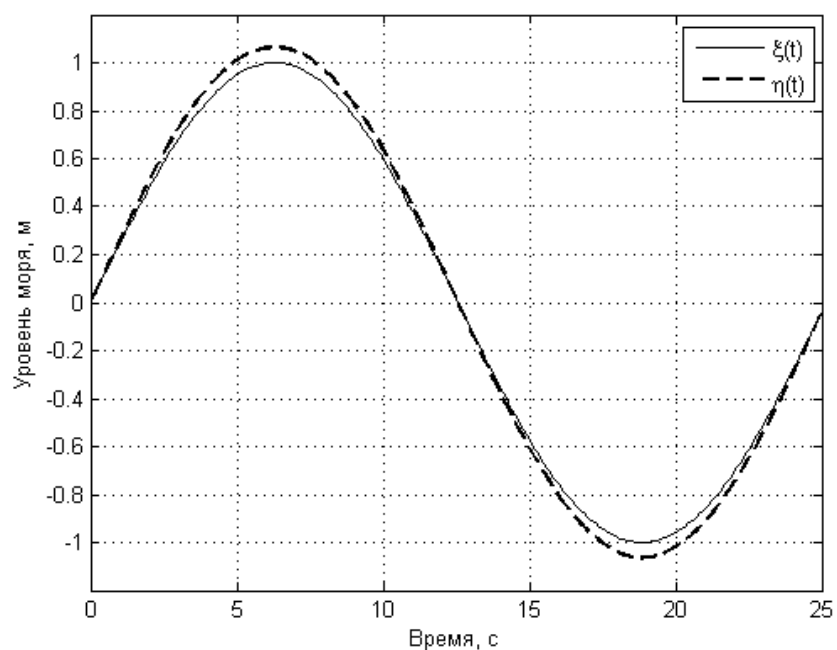


Рис. 1. Смещение водной поверхности, рассчитанное по малоамплитудному приближению (пунктирная линия) и гидростатическому приближению (тонкая линия) для волн с амплитудой $A = 1$ м и периодом 4 секунды; глубина бассейна – 20 метров

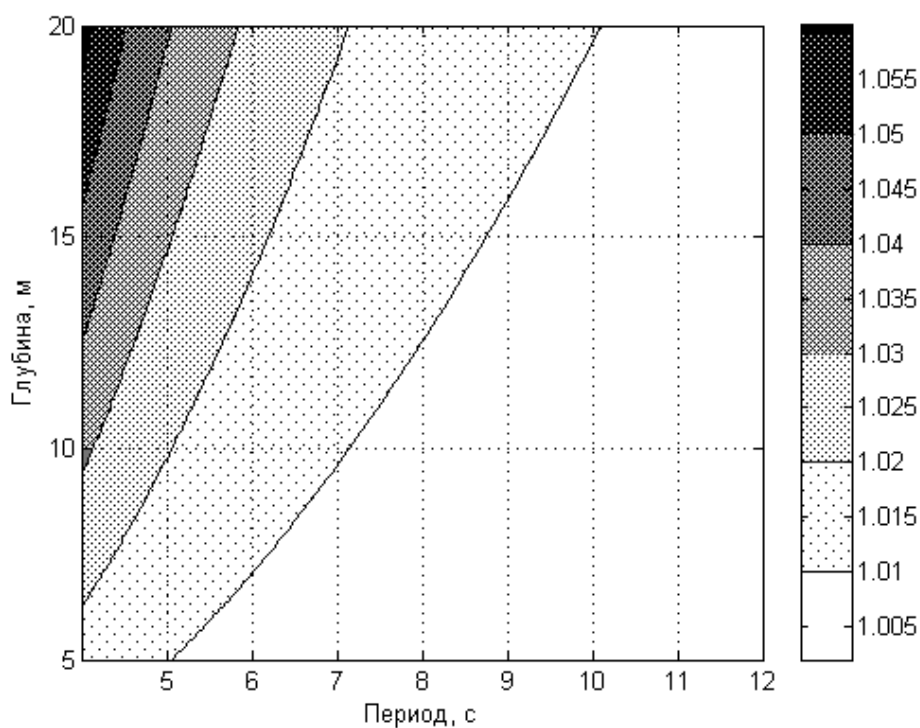


Рис. 2. Отношение $\eta(t)/\xi(t)$ в зависимости от периода волн, наиболее часто наблюдаемых на шельфе Охотского моря и глубины

ловий наблюдений в зависимости от глубины и периода волны разница может достигать 5%. Аналогичные выводы для периодических волн сделаны в [20] для периодических волн в лотке.

Б) Распространение гауссового импульса

$$\xi(t) = A \exp\left(-\frac{4t^2}{T^2}\right), \quad (24)$$

где T – характерная длительность импульса. В этом случае колебания свободной поверхности есть

$$\eta(t) = A \left[1 + \frac{4h}{gT^2} - \frac{32t^2}{gT^4} \right] \exp\left(-\frac{4t^2}{T^2}\right). \quad (25)$$

Форма колебаний давления (через эффективное смещение) и свободной поверхности

показаны на рис. 3. Как видим, разница между гидростатическим и негидростатическим приближением довольно существенна и достигает 20%. Рис. 4 показывает, что расхождение в показаниях малоамплитудного и гидростатического приближений для гасового импульса может достигать 50% при условиях, характерных для шельфа Охотского моря. Оно существенно больше, чем в случае монохроматической волны.

В данной работе обсуждается важная проблема восстановления параметров ветровых волн по данным регистраторов давления, установленных на дне. В условиях достаточного мелкого моря процедура восстановления найдена с помощью слабодисперсионного обобщения нелинейной теории мелкой воды. В рамках негидростатической модели Железняк-Пелиновского, в которой учитывается

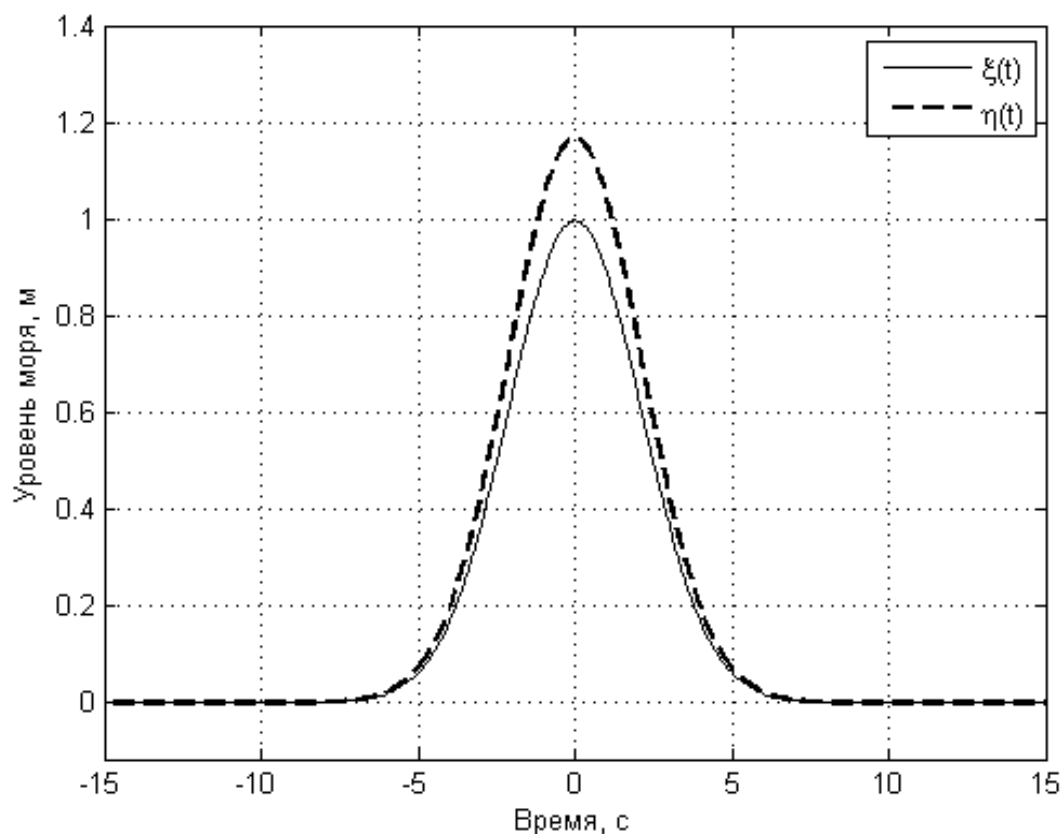


Рис. 3. Смещение водной поверхности, рассчитанное по малоамплитудному приближению (пунктирная линия) и гидростатическому приближению (тонкая линия) для импульса с амплитудой $A = 1$ м, характерной длительностью импульса 6 секунд; глубина бассейна – 15 метров.

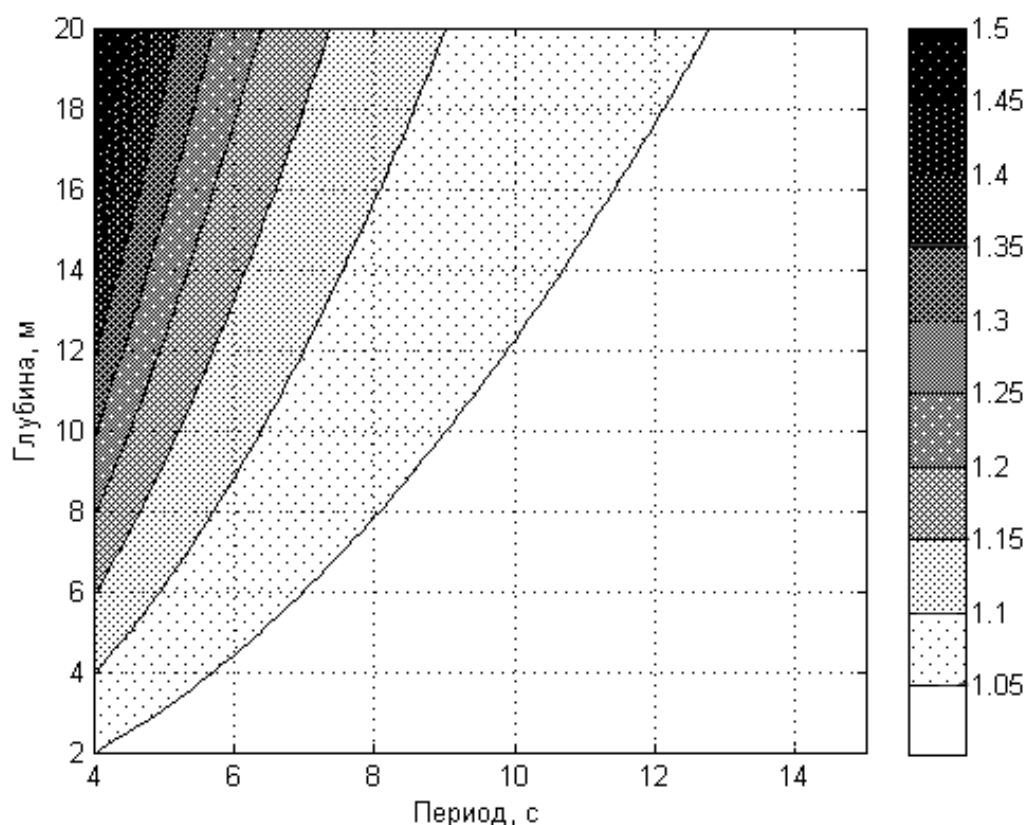


Рис. 4. Отношение $\eta(t)/\xi(t)$ для гауссового импульса в зависимости от характерной длительности импульса и глубины.

произвольная нелинейность и слабая дисперсия, удастся получить явное выражение для колебаний морской поверхности с использованием точечного измерения придонного давления. При этом используется однонаправленное приближение для ветровых волн с узким угловым спектром. Конкретные расчеты выполнены для условий Охотского моря, где на глубинах 5-20 м часто встречаются ветровые волны с периодами 4-7 секунд и амплитудами 10-40 см. Показано, что негидростатические поправки для почти монохроматических волн достаточно малы, что подтверждается также результатами лабораторного эксперимента, описанных в [20]. В то же время негидростатические поправки оказываются существенными для импульсных сигналов, и могут достигать 50%. Полученные формулы могут использоваться для анализа ветровых волн в мелководных районах морей и океанов.

Представленные результаты поисковой научно-исследовательской работы получены в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» (соглашение № 14.B37.21.0642), грантов РФФИ (11-05-00216, 11-05-92002), МК-5222.2013.5, а также стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам СП-1935.2012.5, СП-1763.2013.5.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Железняк М.И. Воздействие длинных волн на сплошные вертикальные преграды // Накат цунами на берег. – Горький: ИПФ АН СССР, 1985. – С. 122–139.
2. Железняк М.И., Пелиновский Е.Н. Физико-математические модели наката цунами на берег // Накат цунами на берег. – Горький: ИПФ АН СССР, 1985. – С. 8–33.
3. Зайцев А.И. и др. Регистрация волн-убийц в за-

- ливне Анива Охотского моря // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – № 1. – С. 33–41.
4. Заславский М.М., Красицкий В.П. О пересчете данных волнографа с датчиком давления на спектр поверхностных волн // Океанология. – 2001. – Т. 41 (№ 2). – С. 195–200.
 5. Левин Б.В. Первые результаты регистрации длинных волн в диапазоне периодов цунами в районе Курильской гряды на разнесенной сети станций / Б.И. Левин, А.Г. Чернов, Г.В. Шевченко и др. // Доклады Академии Наук. – 2009. – Т. 427 (№ 2). – С. 239–244.
 6. Федотова З.И., Хакимзянов Г.С. Нелинейно-дисперсионные уравнения мелкой воды на нестационарном дне // Вычислительные технологии. – 2008. – Т. 13. – С. 114–126.
 7. Федотова З.И., Хакимзянов Г.С. Анализ условий вывода нелинейно-дисперсионных уравнений // Вычислительные технологии. – 2012. – Т. 17. – С. 94–109.
 8. Baquerizo A., Losada M.A. Transfer function between wave height and wave pressure for progressive waves // Coast. Engineer. – 1995. – V. 24. – P. 351–353.
 9. Mungov G., Eblé M., Bouchard R. DART® tsunameter retrospective and real-time data: A reflection on 10 years of processing in support of tsunami research and operations // Pure Appl. Geophys. – 2012. – doi: 10.1007/s00024-012-0477-5.
 10. Bishop C.T., Donelan M.A. Measuring waves with pressure transducers // Coast. Engineer. – 1987. – V. 11. – P. 309–328.
 11. Constantin A. On the recovery of solitary wave profiles from pressure measurements // J. Fluid Mech. – 2012. – V. 699. – P. 376–384.
 12. Constantin A., Strauss W. Pressure beneath a Stokes wave // Commun. Pure Appl. Maths. – 2010. – V. 63. – P. 533–557.
 13. Constantin A., Escher J., Hsu H.-C. Pressure beneath a solitary water wave: mathematical theory and experiments // Arch. Rat. Mech. Anal. – 2011. – V. 201. – P. 251–269.
 14. Deconink B., Olivears K.L., Vasan V. Relating the bottom pressure and surface elevation in the water wave problem // J. Nonl. Math. Physics. – 2012. – V. 19 (Suppl.1). – P. 179–189.
 15. Escher J., Schlurmann T. On the recovery of the free surface from the pressure within periodic travelling water waves // J. Nonlinear Math. Phys. – 2008. – V. 15. – P. 50–57.
 16. Green A.E., Naghdi P.M. A derivation of equations for wave propagation in water of variable depth // J. Fluid Mech. – 1976. – V. 78. – P. 237–246.
 17. Huang M.-C., Tsai C.-H. Pressure transfer function in time and time-frequency domains // Ocean Engineering. – 2008. – V. 35. – P. 1203–1210.
 18. Kuo Y.-Y., Chiu J.-F. Transfer function between the wave height and wave pressure for progressive waves // Coast. Engineer. – 1994. – V. 23. – P. 81–93.
 19. Kuznetsov K.I. Statistical characteristics of wind waves obtained in the south-eastern coast of Sakhalin Island / K.I. Kuznetsov, A.A. Kurkin, E.M. Pelinovsky et al. // Geophysical Research Abstracts. – 2013. – V. 15. – P. EGU2013–7854.
 20. Oliveras K.L. Recovering surface elevation from pressure data / K.L. Oliveras, V. Vasan, B. Deconinck et al. // SIAM J. Appl. Maths. – 2012. – V. 72 (№ 3). – P. 897–918.
 21. Tsai C.-H. On the recovery of surface wave by pressure transfer function / C.-H. Tsai, M.C. Huang, F.J. Young et al. // Ocean Engineering. – 2005. – V. 32. – P. 1247–1259.

УДК 551.46

Максимова М.П.

Московский государственный областной университет

**ОКЕАНОЛОГИЯ – НАУКА СИСТЕМНАЯ
(ПАРАДИГМА, КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА
ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ КАК ЕДИНОГО ЦЕЛОГО)**

M. Maximova

Moscow State Regional University

**OCEANOLOGY AS A SYSTEMATIC SCIENCE
(PARADIGM, CONCEPTION, METHODOLOGY AND METHOD OF INTEGRAL
EVALUATION OF FUNCTIONING OF SEA ECOSYSTEM AS A WHOLE)**

Аннотация. В статье представлен концептуальный подход к системным исследованиям морей и океанов как единого целого на функциональном уровне. На основе разработанной методологии поставлена и решена проблема интегральной оценки функционирования морских экосистем на гидробиогеохимическом уровне, посредством постановки конкретных задач и методик их последовательного решения, представляющих авторское «ноу-хау». Методология и соответствующая ей методика оценки функционирования динамичных водных экосистем базируется на принципиальной схеме функционирования морских экосистем, включающей взаимосвязанные экзогенные и эндогенные факторы и процессы; на интегральном свертывании большого массива исходной информации экосистемных показателей (физико-географических, морфометрических, гидрологических, гидрохимических, геохимических, гидробиологических, биохимических и комплексных – всего более 50). Системный анализ позволил выделить некоторое количество группировок показателей, как структурных, так и функциональных, достаточно хорошо описывающих состояние всей экосистемы. Результатом стала комплексная система интегральных показателей функционирования морских экосистем на гидробиогеохимическом уровне. По авторской методике произведена интегральная оценка функционирования экосистем разнотипных морей (Белого, Балтийского, Азовского, Каспийского) на гидробиогеохимическом уровне, включая оценку антропогенного (техногенного) воздействия на моря, были установлены ключевые факторы, управляющие экосистемами указанных морей.

Ключевые слова: концепция, методология, методика, экосистема, океан, сравнительная гидрохимия моря, интегральная гидробиогеохимическая оценка.

Abstract. We present a conceptual approach to systematic research of seas and oceans as a whole on a functional level. Based on the methodology developed, we solve the problem of integral evaluation of functioning of sea ecosystems on a hydrobiogeochemical level by setting specific problems and determining the methods of their consecutive solution (author's know-how). Methodology and the methods of evaluation of functioning of dynamic water ecosystems are based on a principal scheme of functioning of sea ecosystem, which includes interrelated exogenous and endogenous factors and processes, and on integral compression of a great information array of ecosystem indexes (more than 50) including physic-geographical, morphometric, hydrological, hydro-chemical, geochemical, hydro-biological, biochemical and complex). Their system analysis allowed us to detect a certain amount of both structural and functional groupings, which describe well enough the conditions of the entire system. As a result we created a complex system of the integral indices of functioning of sea ecosystems on a hydro-biogeochemical level. The elaborated methods have been used for integral evaluation of functioning of multitype sea ecosystems (the White sea, the Baltic sea, the Azov sea, the Caspian sea) on hydro-biogeochemical level, including the estimation of antropogenic (technogeneous) influence on the sea. The key factors controlling the ecosystems of the above-mentioned seas are established.

Key words: conception, methodology, methods, sea ecosystems, functioning, integral, hydro-biogeochemical evaluation.

Океан – колыбель жизни
Вернадский В.И.
(«Философские мысли натуралиста» [2])

Для XX в. было характерно бурное развитие науки, параллельные процессы дифференциации и интеграции научных дисциплин, расширение междисциплинарного поля исследований, стремительное возникновение новых дисциплин [4]. В настоящее время приоритет отдан системным исследованиям, концепция которых наиболее актуальна в сфере географических наук, особенно в океанологии, трактуемой как совокупность наук о физических, химических, геологических и биологических процессах в Мировом океане [1, с. 38]. Рубеж XX-XXI вв. знаменуется как нарастающей дифференциацией всей системы географических наук, так и усилением потребности в научном синтезе. Почти столетие назад В.П. Семенов-Тянь-Шанский (1928 г.) назвал географию наукой синтетической (наравне с философией), подчеркивая ее срединное положение между науками физико-математическими, с одной стороны, и науками гуманитарными – с другой. В настоящее время также географию часто определяют как науку «синтезирующую», «синтетическую», «интегрально-синтетическую».

Вследствие активного процесса дифференциации научного знания в чрезвычайно обширной и многоаспектной предметной области географии количество научных географических дисциплин уже перевалило за сотню. Каждая наука есть ступенька в иерархической структуре единого знания, подсистема большей системы, и это в особенности относится к наукам, близким по объекту исследований (так называемые смежные науки). Таким образом, ускорение дифференциации географии усиливает потребность в научном синтезе, которая обуславливается также конфликтом человечества со средой обитания [5]. В настоящее время в системе географических наук разработан ряд классификаций, комплексных схем и систем связи географии с другими науками, разных отделов географии между собой. Все это представляет из-

вестный интерес, имея свои достоинства и недостатки. Так например, классификация географических наук Л.С. Абрамова рассматривает географию как сложную многофункциональную систему, которая развивается по своим внутренним законам, имеет функционально объективную схему самой системы. В данной схеме выделяются роль и значение отдельных подразделений системы географических наук, по преимуществу ответственных за эвристическую (исследовательскую) мировоззренческую, конструктивную и информационную функции. В зону физико-географических наук схемы включена океанология [5].

В Москве в 2010-2013 гг. состоялось несколько международных междисциплинарных научных конференций под общим девизом «Этика и наука будущего», не имеющих аналогов по широкому кругу представленных ученых самого разного профиля (физиков, математиков, химиков, биологов, медиков, геологов, техников, и гуманитариев – философов, филологов, историков, экономистов, психологов, педагогов и др.). Их объединила единая проблема научного эволюционизма, синтеза идей и наук. Эволюционизм наук отражен в исторической последовательности развития: ученые энциклопедисты, дифференциация наук, комплексность, открытия на грани наук и как «синтез идей и наук». Если IX конференция 2010 г. была посвящена научной парадигме образования – «Парадигма знаний и образования», то в тематике конференции 2012 г. («Синтез идей и наук») показательны доклады: И.Ф. Малова «Современная наука и синтез знаний», Л.М. Гиндилис и Н.Л. Гиндилис «Синтез знания», О.П. Иванова и М.А. Винник «Междисциплинарность – основа синтеза наук» и др. Особый интерес представляет тематика конференции 2013 г. – «Научный эволюционизм. Взгляд в будущее».

Наступление XXI в. характеризует переломный этап в смене научной парадигмы в естествознании. Основой этого процесса являются фундаментальные открытия, сделанные в разных областях науки. «Особенностью современного научного прогресса является то, что он развивается **на интегративной**

основе: происходит синтез знаний (теорий, принципов, методов, передовых достижений) различных научных областей и дисциплин, их взаимопроникновение и создание на этой основе комплексных, мультидисциплинарных **метанаук**, аккумулирующих в себе мировые научные достижения» – утверждает доктор биологических наук А.П. Дубров [6]. Говоря о смене парадигм в науке, он же отмечает: «Считается, что ее смена в естествознании, определяющей все наше мировоззрение, происходит в результате перманентных больших и малых революций в науке. Но, по его мнению, это не совсем так, он считает, что при смене научной парадигмы нет резких перемен в установившихся научных взглядах, теориях, законах, а происходит медленное накопление **достоверных знаний, сходных по своей новизне в самых разных областях науки, указывающих на необходимость пересмотра** ряда фундаментальных научных положений. В свою очередь это приводит к тому, что по мере роста значения идей необходимость их взаимоотношения с другими областями знания становится все более очевидной. Смена парадигмы происходит **эволюционно** и заканчивается коренным преобразованием научного взгляда на устройство мира в целом».

Из вышесказанного очевидна актуальность системных исследований таких сложных систем, как моря, океаны, Мировой океан. Океанология по своей природе – наука системная и является естественным синтезатором наук. Моря поэтому следует рассматривать с экосистемных позиций, как экосистему в ее целостности, функционально связанную со смежными системами (атмосфера, материка), а экосистему моря – как единство живой и неживой природы. При экосистемных исследованиях морей составление или расчеты баланса вещества (органического, биогенных элементов и пр.) и энергии (включающего процессы обмена веществом и энергией моря со смежными системами, совокупности организмов, населяющих водоем со средой обитания) является важнейшим этапом. С.В. Бруевич подчеркивал, что количественное изучение морей начинается с составления

баланса вещества [2]. При изучении баланса вещества и энергии как составляющей, характеризующей функционирование экосистемы моря, также необходимо исследование эндогенных (внутриводоемных) процессов на гидробиогеохимическом уровне. Особую важность представляют исследования баланса органического углерода [12; 22; 23; 25; 30] как самого технофильного элемента и сопутствующих жизненно важных элементов [11-12; 22; 24; 28; 30]. В балансовых расчетах в современный период необходимо идентифицировать антропогенную составляющую [10; 13; 18; 20; 21; 24; 27].

Автор одним из этапов в изучении морей сделал расчет (составление) баланса органического вещества (Приложение 3, табл. 1) [12; 22; 23; 25; 30] и биогенных элементов (Приложение 3, табл. 2) [11-12; 22; 24; 28; 30] как важнейших характеристик функционирования морских экосистем разнотипных морей – Белого, Балтийского, Черного, Азовского, Каспийского, Аральского. Для Белого моря был рассчитан и энергетический баланс. В балансовых расчетах учтены не только внешние «приходно-расходные» процессы со смежными системами, но и внутренние водоемные процессы (включая биотические – синтеза и деструкции органического вещества). Научный анализ баланса биогенных элементов и органического вещества в морях – Белом, Балтийском, Черном, Азовском, Каспийском, Аральском в период интенсивного антропогенного воздействия и в предшествующий период, выполненный по единой программе, позволил выявить основные статьи приходно-расходных составляющих баланса биогенных элементов и органического вещества морей (с оценкой антропогенной составляющей) в разнотипных морях. Следует отметить важнейшую роль речного стока, особенно в гумидной зоне с выраженной гидрографической сетью (Белое и Балтийское моря), а также во внутренних бессточных морях аридной зоны (Каспийское и Аральское моря) [30].

Академик А.П. Лисицин (2010 г.) подчеркнул, что «развитие современной морской науки тесно связано с появлением новых кон-

цепций, новых подходов и методов исследования морей и океанов (физика, химия, биология и геология). Океан – только часть планеты, водная система, которая находится в тесном взаимодействии с другими системами – геосферами, обменивается с ними веществом и энергией. **Океанология, таким образом, из комплексной постепенно становится системой – это часть взаимодействующих природных систем (внешних и внутренних)**». Далее он пишет, что «фактической основой должны быть исследования всех важнейших параметров, которые определяют ход процессов, в водной массе морей и океанов (физика, химия, биология, геология), но также учитывают влияние других сфер, находящихся в контакте и взаимодействии. ... Эти процессы и вовлеченное в них вещество имеют свои физические, химические и другие особенности, взаимодействуют с водной поверхностью, обмениваясь веществом и энергией» [9]. Необходимо к сказанному добавить, что очень важно также исследование эндогенных процессов взаимодействия в океане живой и неживой материи – сообщества гидробионтов, населяющих водоем со средой обитания.

Член-корр. Академии геополитических наук А.А. Кутало также занимает подобную позицию: «Мировой океан является самым емким звеном в природной системе планеты. Звеном, определяющим состояние атмосферы, гидросферы и литосферы. Океан также аккумулирует через атмосферу и водообмен с материком все последствия хозяйственной деятельности человека на Земле. Этим определяются и перспективы развития океанографии. Эффективное использование моделирования в решении проблем природных объектов предопределяет гармоничное сопряжение имеющихся возможностей географии, физики и математики, в первую очередь адекватные методологии и подходы возможностей математического моделирования. В оценках перспектив развития океанографии и гидрометеорологии естественно исходить из установившихся научных представлений о природной среде как единой системе» [8]. Остается лишь добавить к перечню «гармо-

ничного сопряжения наук» гидробиологию. Таким образом, очевидно, назрела необходимость разработки концепции, методологии и методики в океанологии, с учетом новой парадигмы науки XXI в., при возрастании параллельных процессов дифференциации и интеграции, синтеза наук и идей, и в соответствии с глубокой спецификой изучаемого объекта – морей и океанов.

Океан уникален, и не случайно выражение, что океан – колыбель жизни. Пожалуй, одна из главных особенностей океана – та, что океан по своей сути един и составляет Мировой океан (в отличие от разобщенных им материков). Все океаны – Атлантический, Индийский, Тихий, Северный Ледовитый, Южный (в настоящее время это название упразднено, и теперь он составляет лишь южные сектора Атлантического, Индийского, Тихого океанов), сообщаются между собой и производят непосредственный обмен веществом и энергией. Мировой океан – непрерывная оболочка Земли, окружающая материки и острова и обладающая общностью солевого состава. Океан занимает площадь 361 млн. кв. км., что составляет около 70,8% земной поверхности. Вся толща вод океана подвержена влиянию приливообразующих сил Луны и Солнца [1; 35].

Специфика океанов обусловлена прежде всего наиболее выраженными системными связями живой и неживой природы (на рис.1 представлена схема экосистемных связей). Морские экосистемы характеризуются наиболее высокой природной гидробиогеохимической активностью (отличаются и более высокой способностью к саморегулированию, большей устойчивостью к антропогенным воздействиям). Специфика океанов выражается в большой гидродинамической активности, их взаимосвязанности или водообмене (Мировой океан), и как следствие – обмену веществом и энергией. Как пример: течение Гольфстрим переносит воды Атлантического океана на север – в Арктику; Циркумполярное течение кольцом охватывает Антарктиду, перемещая свои воды от Атлантического океана через Индийский в Тихий. Гидродинамическая активность проявляется и в активном

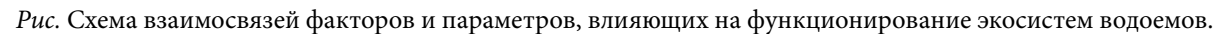
региональном обмене водных масс в пределах отдельно взятых океанов и морей – водообмене за счет течений, ветрового и конвекционного перемешивания, приливно-отливных течений, опускания и подъема водных масс (апвеллинги).

Океан – естественный *синтезатор (интегратор)* природных процессов на гидробиогеохимическом уровне. И как объект изучения, – естественный интегратор этих наук. Океанология включает не только изучение процессов в сфере отдельно взятых наук: физики, химии, биологии, геологии и т.д., но и обмен веществом и энергией со смежными сферами Земли (атмосфера, материк), а также и организмов со средой обитания. Океан является интегратором антропогенных воздействий, являясь естественным приемником продуктов техногенеза (посредством материкового стока и из атмосферы). Океан (в силу своей специфики) – синтезатор не только наук, но и идей, возникающих на синтезе наук в океанологии при решении сложных *Проблем*, порождающих новые *Идеи*. Е.М. Егорова пишет в книге «О близости Высших миров или На пути к новой науке» о значении идеи в научных исследованиях: «Проблема переосмысливания значения экспериментального факта уже неоднократно обсуждалась в научной литературе. Одно лишь экспериментирование не способно выявить причину (причины) явления. Воспринятая информация претворяется в идее (познания) действительности. Гармоничный союз идеи и эксперимента необходим для прогресса научного знания. В этом союзе идея есть элемент ведущий. Идеи могут предшествовать научным исследованиям, направлять их, способствовать их реализации, таким образом, могут возникать и новые направления в той или иной науке. Можно сказать, что новая наука – это прекрасные идеи, воплощенные в эксперименты» [7]. Разрабатываются более объемные подходы, качественно новые концепции в различных областях науки.

В океанологии актуальны не просто экосистемные исследования морей и океанов и протекающих в них процессов, но чрез-

вычайно важно изучение и количественная оценка на интегральном уровне функционирования морских экосистем в целом. Таким образом, на современном уровне развития океанологии как науки потребовалась разработка новой *Концепции, Методологии и Методов решения Проблемы*, а именно *Интегральная количественная оценка функционирования морских экосистем как единого целого на гидробиогеохимическом уровне* [17; 26; 30]. Подходы к решению вышеуказанной проблемы выполнялось последовательно, поэтапно: на основе многолетних экосистемных исследований автором морей и океанов, включающих целый ряд разработок в этой области – методических, экспедиционных, экспериментальных и теоретических на системном гидробиогеохимическом уровне. Исследования включали широкий спектр системно взаимосвязанных параметров – физико-географических, гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических, биохимических, почвенно-геологических. Использовались материалы собственных исследований автора (особая роль принадлежит данным по Белому морю, являвшемуся полигоном в период начала 60-х - начала 90-х гг.) [15-16; 31; 34; 36], специализированных баз данных первичных материалов, литературные источники. Первичные материалы подвергались математической обработке с использованием корреляционного, регрессионного и факторного анализов, а также математического моделирования.

В итоге, на основе многолетних экосистемных исследований морей и океанов, были выявлены основные *Проблемы* океанологии и разработаны *Концепция – Методология – Методика* в целом. Методы решения последовательных конкретных задач соединены в «*Методике количественной интегральной оценки функционирования морских экосистем как единого целого, на гидробиогеохимическом уровне*», которую можно отнести к категории «ноу-хау» В основе этой методики лежит схема взаимосвязей факторов и параметров, определяющих функционирование экосистемы водоемов (см. рис.) [17; 26].



1. Морфометрические характеристики
- 1.1. Площадь водосборного бассейна $S_{\text{вб}}$ (км²).
- 1.2. Средняя высота водосбора $H_{\text{ср}}$ (м)
- 1.3. Коэффициенты лесистости $-f_{\text{л}}$, заболоченности $-f_{\text{з}}$, озерности $-f_{\text{оз}}$, равные отношению площадей лесов $S_{\text{л}}$, болот $S_{\text{б}}$ и озер $S_{\text{оз}}$ к $S_{\text{вб}}$
- 1.4. Густота речной сети $D = \Sigma L / S_{\text{вб}}$ (м⁻¹)
- 1.5. Площадь акватории $S_{\text{ак}}$ (км²)
- 1.6. Извилистость береговой линии $K_{\text{н}} = l / (2\pi S_{\text{а}})^{0.5}$, где l – длина береговой линии (км) к длине окружности круга, имеющего площадь, равную $S_{\text{а}}$
- 1.7. Объем водной массы водоема ΣV (км³)
- 1.8. Средняя глубина водоема $h_{\text{ср}}$ (м) и батиметрическая кривая
- 1.9. Показатель удельной поверхности водоема $\beta = S_{\text{п}} / \Sigma V$ (км⁻¹)
- 1.10. Удельный водобор (фактор окружения среды) $M_{\text{э}} = S_{\text{а}} / S_{\text{вб}}$
- 2. Климатические характеристики**
- 2.1. Количество атмосферных осадков на водосборе X (мм)
- 2.2. Испарение E (мм)
- 2.3. Химический состав атмосферных осадков $C_{\text{ао}}$, воздуха $C_{\text{ат}}$
- 2.4. Температурный режим атмосферы – $t_{\text{ат}}$, почв – $t_{\text{пч}}$ и поверхностных вод – $t_{\text{в}}$
- 2.5. Состояние и продолжительность снежного покрова (СП)
- 2.6. Скорость и направление ветра (Вг)
- 2.7. Количество солнечной радиации ($Q_{\text{р}}$)
- 3. Гидрологические характеристики**
- 3.1. Объем речного стока в водоем за год ΔW (км³/год)
- 3.2. Норма стока W_0 – среднее значение за многолетний период
- 3.3. Модульный коэффициент $k = W_1 / W_0$
- 3.4. Степень зарегулированности речного стока f
- 3.5. Поступление воды из смежного водоема с компенсационным течением $V_{\text{вн}}$ (км³)
- 3.6. Вынос воды в смежный водоем со стоковым течением V , (км³)
- 3.7. Коэффициент водообмена со смежными морями:
 $\alpha_e = \Delta V / \Sigma V$ (год⁻¹), где ΔV (км³/год) – объем воды, поступающий в водоем за год
- 3.8. Показатель условного водообмена $K_{\text{в}} = V_{\text{вн}} / \Sigma V$ (год⁻¹), где $V_{\text{вн}}$ – объем стока из водоема за год. Обратное соотношение $\Sigma \Delta V_{\text{вн}} / V$ – период водообмена.
- 3.9. Структура и скорость течений T м/сек.
- 3.10. Устойчивость вод фотического слоя ($Y_{\text{ф}}$) – функция от градиентов плотности
- 3.11. Волнение моря (Вл) в баллах
- 3.12. Объем подземного стока в водоем за год $\Delta W_{\text{п}}$ (км³/год)
- 4. Гидрохимические характеристики**
- 4.1. Концентрация компонентов в воде C (мг/л; мкг/л)

Группы компонентов: макрокомпоненты; биогенные элементы – (БЭ): валовые – БЭ_в, растворенные – БЭ_р, взвешенные – БЭ_{вз}, минеральные и органические; микроэлементы, в том числе тяжелые металлы; органические вещества – ОВ. аллохтонные – ОВ_{ал}, автохтонные – ОВ_{ав}, суммарная характеристика – С_{орг}, функциональные и групповые характеристики, индивидуальные вещества; растворенные газы, радиоактивные элементы естественные и техногенные, изотопный состав, рН, Eh, свободные радикалы.

4.4. Физические характеристики: температура, цветность, мутность, коэффициент светопроглащения, плотность, электропроводность и др.

5. Геологические характеристики

5.1. Литолого-петрографический – ЛП_{лп} и химический – ХП_{лп} состав пород и почв водосборного бассейна

5.2. Подземный сток W_п (км³) в реки и моря

5.3. Химический состав подземных вод, разгружающихся непосредственно в моря X_{пв}

5.4. Литология Л_л и химический состав X_д донных отложений

6. Биологические и биохимические характеристики

6.1. Первичная продукция фитопланктона ПП_ф мг С_{орг}/м² в год. Или мг С_{орг}/м³ в год. Или тонн/м² в год

6.2. Первичная продукция макрофитов ПП_{мф} (в тех же единицах)

6.3. Бактериальная первичная продукция ПП_б

6.4. Биомасса Б в единице объема воды, или на единицу площади, или в водоеме в целом

6.5. Ассимиляция биогенных элементов фитопланктоном АС_{бв} в день или год

6.6. Минерализация (бактериальная деструкция) органического вещества МН_{ов} тонн в год

6.7. Площадь совокупной поверхности фитопланктона S_ф км².

7. Антропологические характеристики

7.1. Техногенное геохимическое давление ТД – количество вещества, выводящегося из техногенных потоков в природные в пределах водосборного бассейна

7.2. Антропогенный химический сток м_{ав} (тонн в год) – количество вещества антропогенного генезиса, поступающее в водоем с речным стоком

7.3. Атмосферное (воздушное) загрязнение акватории м_{ав} – количество вещества антропогенного генезиса, поступающее непосредственно на акваторию из атмосферы

7.4. Загрязнение акватории м_{анр} – антропогенного генезиса, поступающее непосредственно в водоем с сточными водами при разработке морских месторождений полезных ископаемых, при захоронении отходов в моря и т.д.

7.5. Органическое вещество, изымающееся морским промыслом рыбы и другие организмы м_о (тонн в год)

Методология

Оценка состояния и функционирования морских экосистем, их изменчивости под воздействием природных и антропогенных факторов должна базироваться на принципах единого подхода. Важность разработки методологии проблемы на экосистемном уровне неоднократно отмечалась, в том числе на международном уровне конференций Международного консультативного комитета по защите морей (ACOPS) и др. Моря необходимо рассматривать прежде всего как сложные, открытые, динамические гидробиогеохимические системы, эволюционно сбалансированные на определенном природном квазистабильном уровне. Функционирование экосистемы морей – обмен веществом и энергией за счет экзогенных процессов со смежными системами (атмосферой, материком, смежными морями) и эндогенных (внутриводоемных) процессов – с донными отложениями и сообществом организмов, населяющих водоем, со средой обитания в процессе их жизнедеятельности.

В современный период моря подвергаются все более возрастающему антропогенному воздействию. Техногенные продукты поступают в природные потоки, а затем с материка – в моря, в основном посредством речного стока (при этом частично иммобилизуются на водосборной площади рек), а также с плоскостным стоком и непосредственно – путем прямого сброса в моря [10; 13-14; 18-20; 24; 27; 34; 37]. Отсюда следует необходимость в стоке рек в моря идентифицировать антропогенную составляющую химических веществ стока, включающего также природные аналоги. Методики расчета этой составляющей разрабатывались последовательно, начиная с биогенных элементов [18; 21], ионного состава [10; 19-20], тяжелых металлов [33]. Имеется обобщенная методика идентификации антропогенной составляющей химического речного стока [13]. Расчеты антропогенной составляющей стока крупных рек, впадающих в моря Северного Ледовитого океана (омывающих берега России), а также

ряда крупных рек, впадающих в Балтийское, Азовское и Каспийское моря [10; 14; 21] показали, что эта составляющая может достигать величин, сопоставимых с природной частью в стоках или даже превышать его. Расчеты данного типа производились по выше упомянутой методике, разработанной автором [13], которая признана наиболее адекватной и принята Гидрохимическим институтом Гидрометеослужбы РФ.

Антропогенное воздействие приводит к нарушению гомеостаза (природной гидробиогеохимической сбалансированности морских экосистем) и биохимических циклов, особенно в замкнутых и полужамкнутых водоемах. Антропогенное воздействие выражается в основном в интенсификации потоков вещества, обусловленных техногенезом, и возрастанием биохимической активности функционирования морских экосистем (например, эвтрофикация Азовского и Балтийского морей). Прежде всего, нарушается углеродный цикл (поскольку углерод – самый технофильный элемент), а также циклы сопутствующих жизненно важных элементов (азот, фосфор и др.). При этом происходит разбалансирование продукционно-деструкционных процессов, синтеза и деструкции органического вещества. Исследование углеродного цикла при этом имеет первостепенную важность.

Моря также необходимо рассматривать как единое целое с водосборной системой питающих моря рек, с условиями формирования гидрохимического состава речного стока (включающими почвенно-геологические), с сезонной и межгодовой динамикой стока, обусловленной как природными флуктуациями, так и динамикой антропогенного воздействия. Речной сток является важнейшей составляющей баланса вещества и энергии в морях [см. 15-16; 24; 30; 36].

Приблизиться к адекватной количественной оценке состояния и функционирования экосистемы морей как единого целого на гидробиогеохимическом уровне, а также изменчивости оценки под воздействием техногенеза, возможно исключительно при целевых

исследованиях экосистемных показателей и процессов, характеризующих функционирование самой экосистемы, функционально связанных и взаимно обусловленных: гидрологических, гидрохимических, геохимических, гидробиологических, биохимических. Сложность реализации системного гидро-биогеохимического подхода обусловлена недостаточной обеспеченностью материалами наблюдений (синхронного комплекса определений взаимосвязанных экосистемных показателей – гидрологических, гидрохимических, геохимических, гидробиологических, биохимических). Система экомониторинга должна определяться целесообразными методологическими установками. При экосистемном моделировании нельзя подгонять модели под имеющийся банк данных, напротив, его надо создавать для прогрессивных моделей.

Методика

В системных (экосистемных) исследованиях сложных систем важно выявление связей объекта исследования со смежными и эндогенными (внутри водоемными) системами; а также организации и закономерностей функционирования исследуемых экосистем. Поэтому важнейшим этапом решения поставленной проблемы явилась разработка функциональной схемы взаимосвязей океанической экосистемы со смежными системами и эндогенными (внутриводоемными) процессами, и последующий ее анализ. Таким образом, в основе предлагаемой методики лежит разработанная принципиальная схема функционирования экосистемы моря, включающая экзогенные и эндогенные факторы и процессы, ее определяющие (см. рис.) .

Несмотря на чрезвычайную сложность и многообразие структур и процессов, составляющих сущность экологической системы, можно выделить некоторое количество группировок, как структурных, так и функциональных, достаточно хорошо описывающих состояние всей системы. С этой целью были изучены и систематизированы базовые параметры экосистемы [32]. Сформулированы

принципы образования интегральных показателей, характеризующих интенсивность процессов, протекающих в морских экосистемах. В соответствии с ними установлены интегральные показатели функций, контролирующие экосистему моря, результирующие и объединяющие по возможности большее число первичных показателей, имеющих большее число связей с другими факторами и параметрами. Ниже выделены группы интегральных показателей (всего более 25, включая впервые разработанные и примененные автором) [30]:

- *модульные характеристики* – расчетные показатели определенного процесса массопереноса (х) в единицу времени на единицу площади акватории, либо водосборного бассейна (включая гидрологические, гидрохимические, гидробиологические, геохимические характеристики);

- *удельные показатели* – характеристики, отнесенные к единице объема водной массы водоема (также включая гидрологические, гидрохимические, гидробиологические, геохимические);

- *коэффициенты массообмена на границах сред* (со смежными системами – атмосферой, литосферой, гидросферой и организмами, населяющими водоем со средой обитания);

- *геохимические коэффициенты и производные от них показатели*, например, соотношение минеральных и органических форм соединений биогенных элементов (азота и фосфора), аллохтонного и автохтонного органического вещества в водах моря, в составляющих баланса и ряда других характерных показателей, характеризующих экосистему водоема;

- *эмпирические фоновые коэффициенты*, входящие в формулы для расчета антропогенной составляющей химического речного стока в моря;

- *относительные показатели интенсивности процессов* – безразмерные, выражающие соотношение различных статей баланса: коэффициент фоссилизации ОВ, эффективность техногенного геохимического давления к коэффициенту экспорта антропогенной составляющей речного стока и др.

Таким образом, суть предлагаемой методики – интегральное свертывание большого массива исходной информации взаимосвязанных физико-географических, морфометрических, гидрологических, гидрохимических, геохимических, гидробиологических, биохимических и комплексных экосистемных показателей (всего более 50), их последующий системный анализ и разработка комплексной системы интегральных показателей для адекватного отражения функционирования динамичных экосистем морей. По разработанной автором методике произведена интегральная оценка функционирования экосистем разнотипных морей на гидробио-геохимическом уровне – Белого, Балтийского, Каспийского [30] (См. приложение 3, табл. 3).

Наряду с балансом (водным, солевым, биогенных элементов и органического вещества морей), количественно характеризующим обмен веществом на границах сред, важным интегральным показателем биогеохимической активности морских экосистем являются и коэффициенты обмена экосистемы моря с окружающей средой (см. приложение 3, табл. 4) и коэффициенты обмена фитопланктона биогенными элементами со средой обитания (там же, табл. 5) [30]. Следует отметить, что, при наличии определенных наблюдений по специальной программе, можно увеличить количество интегральных показателей согласно схеме (рис.), таким образом, уточнив оценку функционирования экосистемы и антропогенного воздействия на нее (что особенно важно при прогнозировании). Например, можно дополнить ее показателями эффективности техногенного геохимического воздействия на моря (там же, табл. 6 и 7) [30].

Результаты

Расчеты баланса биогенных элементов и органического вещества в морях (Белом, Балтийском, Черном, Азовском, Каспийском, Аральском) в период интенсивного антропогенного воздействия и предшествующий период, выполненные по единой программе, позволили выявить основные статьи приход-

но-расходных составляющих баланса биогенных элементов и органического вещества морей, с оценкой антропогенной составляющей в разнотипных морях. По разработанной автором методике произведена интегральная оценка функционирования экосистем разнотипных морей на гидробиогеохимическом уровне, в том числе Белого, Балтийского и Каспийского моря, включая оценку антропогенного (техногенного) воздействия на них.

Особый интерес представляет научный анализ в сравнительном аспекте интегральных функций экосистем этих морей (с применением факторного анализа – метода главных компонентов), выявивший главные факторы, управляющие функционированием разнотипных экосистем «море» [30]. Сравнительная гидрохимия морей, по существу являющаяся новым направлением в мореведении, основана на теоретических разработках автора и большом фактическом материале гидрологических, гидрохимических и гидробиологических исследований разнотипных морей, включая экспедиционные и экспериментальные исследования автора. Анализ в сравнительном аспекте комплексной системы интегральных показателей функционирования экосистем разнотипных морей на гидробиогеохимическом уровне и баланса биогенных элементов и органического вещества в морях (Белом, Балтийском, Черном, Азовском, Каспийском, Аральском), позволил выявить, обосновать и глубже понять как общие закономерности формирования и функционирования морских экосистем, так и специфику экосистем отдельных морей.

Изучены и установлены закономерности формирования и функционирования, а также ключевые факторы и процессы управляющие экосистемами разнотипных морей, расположенных в различных климатических зонах (гумидной, аридной), различающихся по геолого-почвенным условиям водосборного бассейна рек, морфометрическим характеристикам, гидродинамике, гидрологическому и гидрохимическому режиму, гидробиологическим показателям, биопродуктивности; глубоководных и мелководных, различных

по интенсивности водообмена со смежными морями, речному стоку, характеру стратификации водных масс и т.д.

Оценка гидробиогеохимической активности функционирования разнотипных морских экосистем позволила охарактеризовать и обосновать очень высокую геохимическую и слабую биохимическую активность функционирования экосистемы приполярного холодноводного Белого моря, отличающегося интенсивным водообменом; высокую биохимическую и относительно слабую геохимическую активность функционирования экосистемы полужамкнутого северного Балтийского моря; низкую геохимическую и невысокую биохимическую активность функционирования экосистемы южного замкнутого Каспийского моря. Установлены основные факторы и процессы, определяющие гидробиогеохимическую активность функционирования экосистем разнотипных морей [30]. Водные экосистемы, характеризующиеся наибольшей природной биогеохимической активностью, отличаются и более высокой способностью к саморегулированию, большей устойчивостью к антропогенным воздействиям.

Сложность реализации системного подхода к оценке функционировании экосистем морей как единого целого на гидробиогеохимическом уровне – в недостаточной обеспеченности материалами системных исследований, особенно в периоды возрастающего антропогенного воздействия. Необходима разработка адекватной программы экосистемного мониторинга. Вышеприведенная схема (рис.) может служить принципиальной основой для последующей разработки экосистемного мониторинга водных объектов и для математического моделирования. Представленная статья является лишь частичным результирующим итогом автора по поставленной проблеме, а основной целью статьи являлось описание методического подхода к интегральной оценке функционирования морских экосистем на гидробиогеохимическом уровне как единого целого, который, в частности, может быть использован (в магистратуре) в качестве примера постановки

проблемы, разработки концепции, методологии и методов ее решения. Сами моря и океаны являются идеальным объектом в качестве модели экосистемных исследований, что подтверждают обобщенные автором результаты многолетних исследований по сравнительной гидрохимии морей [29-30].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Большой энциклопедический словарь. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1991. – 1456 с.
2. Бруевич С.В. Проблемы химии моря. – М.: Наука, 1978. – 335 с.
3. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1988. – 522 с.
4. Гиндилис Н.Л. Эволюция научного знания и изменение норм научной этики // Ежегодник «Дельфис»: материалы десятой международной междисциплинарной научной конф. «Этика и наука будущего». – 2011. – С. 115-120.
5. Голубчик М.М. Теория и методология географической науки / М.М. Голубчик, С.П. Евдокимов, Г.Н. Максимов и др. – М.: ВЛАДОС, 2005. – 463 с.
6. Дубров А.П. О смене парадигмы естествознания в XXI веке // Ежегодник «Дельфис»: материалы десятой международной междисциплинарной научной конф. «Этика и наука будущего». – 2011. – С. 140-148.
7. Егорова Е.М. О близости Высших миров или на пути к новой науке. – М.: Пролог, 2006. – 319 с.
8. Кутало А.А. О перспективах развития океанографии // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2011. – Вып. 345. – С. 138-143.
9. Лисицин А.П. Развитие четырехмерной океанологии и создание фундаментальных основ комплексного мониторинга морских экосистем (на примере Белого моря) / Лисицин А.П., Шевченко А.П., Немовская И.А. и др. // Физические, геологические и биологические исследования океанов и морей. – М.: Научный мир, 2010. – С. 559-597.
10. Максимова М.П. Антропогенные изменения ионного состава крупных рек Советского Союза // Водные ресурсы. – 1991. – № 5. – С. 65-69.
11. Максимова М.П. Баланс биогенных элементов Балтийского моря в период интенсивного антропогенного воздействия // Океанология. – 1982. – Т. XXII (Вып. 5). – С. 751-756.
12. Максимова М.П. Баланс биогенных элементов и органического вещества Балтийского моря // Очерки по биологической продуктивности Балтийского моря. Т. 1. – М.: Координационный центр стран-членов СЭВ, 1984. – 390 с.

13. Максимова М.П. Воздействие техногенеза на гидросферу: методика оценки антропогенного химического речного стока в моря // Вестник МГОУ (серия «Естественные науки»). – 2012. – № 2. – С. 89-96.
14. Максимова М.П. Воздействие техногенного геохимического давления на внутриматериковые моря // Водные ресурсы. – 1986. – № 5. – С.159-164.
15. Максимова М.П. Гидрохимия // Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов: гидролого-гидрохимический режим водосбора Белого моря. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – С. 74-104.
16. Максимова М.П. Гидрохимия Белого моря // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 8-115.
17. Максимова М.П. Интегральная оценка функционирования морских экосистем на гидро-биогеохимическом уровне: проблематика, методология и методика // Материалы IX международной научной конференции (школы) по морской геологии «Геология морей и океанов», Москва, 14-18 ноября 2011 г. Т. IV. – М.: ГЕОС, 2011. – С. 100-104.
18. Максимова М.П. Критерии антропогенного эвтрофирования и расчет антропогенной составляющей биогенного стока рек // Водные ресурсы. – 1979. – № 1. – С. 35-40.
19. Максимова М.П. Критерии диагностирования изменений ионного состава речных вод под влиянием антропогенного воздействия // Тезисы докладов 2-го международного симпозиума по геохимии природных вод. – Ростов-н/Д, 1982. – С. 144-145.
20. Максимова М.П. Критерии оценки антропогенных изменений и расчет антропогенной составляющей ионного стока рек // Водные ресурсы. – 1985. – № 3. – С. 71-75.
21. Максимова М.П. Методика расчета антропогенной составляющей биогенного стока рек // Вопросы методологии гидрохимических исследований в условиях антропогенного влияния. Часть 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – С. 32-33.
22. Максимова М.П. Органическое вещество, биогенные элементы и их баланс во внутриматериковых морях. – М.: ОНТИ ВНИРО, 1979. – 36 с.
23. Максимова М.П. Органическое вещество в северных морях (формирование, продукционно-деструкционные процессы, баланс) // Материалы V съезда Всесоюзного гидробиологического общества. Часть I. – Куйбышев: Ин-т экологии Волжского бассейна, 1986. – С. 19-21.
24. Максимова М.П. Особенности баланса биогенных элементов внутренних и материковых морей / М.П. Максимова, А.М. Бронфман, Д.Е. Катунин и др. // Водные ресурсы. – 1979. – № 1. – С. 23-34.
25. Максимова М.П. Особенности баланса органического вещества в водах северных и южных внутриматериковых морей Советского Союза // Труды ВНИРО. – 1973. – Т. 80 (Вып. 3. Бонитет Мирового океана). – С. 7-17.
26. Максимова М.П. Система интегральных показателей гидробиогеохимической активности функционирования морских экосистем (методические аспекты) // Материалы конф. «Современные проблемы комплексного исследования морей». – М.: ФСГМ РФ, 1995. – С. 30-31.
27. Максимова М.П. Специфика антропогенного воздействия на экосистемы морей: методология проблемы // Водные ресурсы. – 1996. – № 5. – С. 583-588.
28. Максимова М.П. Содержание биогенных элементов и баланс азота, фосфора, кремния в Белом море // Океанология. – 1978. – Т.XVIII. (Вып. 1). – С.58-63.
29. Максимова М.П. Сравнительная гидрохимия морей. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт охраны природы, 1998. – 148 с. (Деп. в ВИНТИ 12. 02. 1998, № 408 - В 1998).
30. Максимова М.П. Сравнительная гидрохимия морей // Новые идеи в океанологии. Т.1. – М.: Наука, 2004. – С. 168-189.
31. Максимова М.П. Эстуарная иерархическая система Белого моря // XVI Международная школа морской геологии «Геология морей и океанов». Т. I. – М.: ГЕОС, 2005. – С. 87-89.
32. Максимова М.П., Брусиловский С.А. Базовые параметры для формирования интегральных показателей функционирования экосистем водоемов // Экологические системы и приборы. – 2000. – № 5. – С. 45-48.
33. Максимова М.П., Соколова С.А. Критерии оценки антропогенной составляющей тяжелых металлов в речном стоке // Водные ресурсы. – 1993. – Т.20 (№ 2). – С.270-272.
34. Максимова М.П., Чугайнова В.А. Гидрохимический режим прибрежной зоны Белого моря, губ и шхерных районов // Водные ресурсы Европейского Севера России: итоги и перспективы исследований. –Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. – С. 474-501.
35. Советский энциклопедический словарь. 2-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1982. – 1632 с.
36. Maksimova M.P. Ecosystematic Hydrochemistry of the White Sea // Oceanology. – 2003. – Vol. 43 (Suppl. 1). – P. 32-62.
37. Pollution of the Seas Around the Coast of the CIS / Materials Int. Conf. –Sevastopol. – 1993. – 102 p.

Приложение 1

Структурная последовательность в научных исследованиях

- 1) постановка НАУЧНОЙ ПРОБЛЕМЫ
- 2) ПРИОРИТЕТНОСТЬ, АКТУАЛЬНОСТЬ НАУЧНОЙ ПРОБЛЕМЫ.
- 3) ПАРАДИГМА
- 4) КОНЦЕПЦИЯ
- 5) МЕТОДОЛОГИЯ
- 6) МЕТОДИКА
- 7) КОНКРЕТНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Приложение 2

Краткий глоссарий, конкретизирующий трактовку понятий, используемых в статье [1]:

Проблематика (в науке) (от греч. problema – задача). Постановка масштабных исследований – адекватной теории. Сложный теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения; в объяснении каких-либо явлений, объектов, процессов и требующих адекватной теории для их решения.

Парадигма – (от греч. – paradeigma – пример, образец) – исходная концептуальная схема, модель постановки проблем и их решения, методов исследования, господствующих в течение определенный период в научном сообществе. Смена парадигмы представляет собой научную революцию.

Концепция – (от лат. conceptio – понимание, система) – определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений; основная точка зрения, руководящая идея для их освещения; ведущий замысел; конструктивный принцип различных видов деятельности.

Методология – (от греч. methodology – методология) – учение о научной структуре, логической организации, методах и средствах деятельности. Методология науки – учение о принципах построения, формах и способах научного познания. Общая м. научного исследования.

Методика – Способ достижения какой-либо цели, решения совокупности приемов или операций (трактовка автора, дифференцированная от понятий Методология и Метод).

Метод – (от греч. – methodos) - путь исследования). Способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи; совокупности приемов или операций практических или теоретических, освоен (мысленное или реальное) различных элементов объекта в единое целое (систему); синтез неразрывно связан с анализом (расчленением объекта на элементы).

Интеграция (наук) – (от лат.- integral) – понятие «интеграл» распространяется на функции многих переменных; исследуются системы; процесс сближения и связи наук, наряду с процессами их дифференциации. Понятие, означающее состояние связанности отдельных дифференцированных частей и функций системы, а также процесс, ведущий к такому состоянию.

Синтез (наук) – (от греч. synthesis- соединение). Соединение (мысленное или реальное) различных элементов объекта в единое целое (систему); синтез неразрывно связан с анализом (расчленением объекта на элементы)

Океанология – совокупность наук о физических, химических, геологических и биологических процессах в Мировом океане.

Приложение 3

Таблица 1

**Элементы баланса органического вещества внутриматериковых морей
(в млн т и % органического углерода от общего прихода за год)**

1.1. Приход органического вещества

Море	Продукция фито- планктона		Продукция макрофитов		Поступление со стоком рек		Поступление из смежных морей		Общий приход
	млн т	%	млн т	%	млн т	%	млн т	%	
Белое	1,75	26,6	0,15	2,3	2,68	40,7	2,0	30,4	6,58
Балтийское	40,0	84,0	—	-	4,50	9,4	1,6	3,4	47,64
Черное	50,0	89,8	1,20	2,1	3,45	6,2	1,05	1,9	55,70
Азовское	17,0	96,1	-	-	0,50	2,8	0,20	1,1	17,70
Каспийское	100	97,4	0,20	0,20	2,5	2,4	Нет	Нет	102,7
Аральское	0,048	3,7	0,56	42,8	0,70	53,5	Нет	Нет	1,305

1.2. Расход органического вещества

Море	Минерализуется		Вынос в смежные моря		Оседают в грунты		Изымается про- мыслом	
	млн т	%	млн т	%	млн т	%	млн т	%
Белое	2,91	44,2	3,60	54,7	0,07	1,1	0,002	0,03
Балтийское	40,11	84,2	3,50	7,3	3,90	8,2	0,135	0,28
Черное	47,95	86,1	1,75	3,1	6,0	10,8	0,0075	0,013
Азовское	16,95	95,7	0,50	2,8	0,215	1,3	0,03	0,17
Каспийское	98,48	95,9	Нет	Нет	4,15	4,0	0,07	0,07
Аральское	0,479	36,7	Нет	Нет	0,81	62,3	0,01	0,38

Примечание. По Балтийскому морю учтено также поступление ОВ за счет субмаринной разгрузки под-
земных вод - 0,0215 млн т C_{орг}, атмосферных осадков - 0,220 млн т, сброса сточных вод в море - 1,30 млн т
(соответственно от суммы годового прихода: 0,05%, 0,45%, 2,7%).

Таблица 2

**Баланс биогенных элементов морей в период интенсивного
антропогенного воздействия**

2.1. Приход

Море	Принос реками		Из атмосферы		Субмаринная разгрузка подземных вод		Из смежных морей		Сумма за год	Сумма с учетом выноса в смежные моря
	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	тыс. т
АЗОТ										
Белое	229	18,3	10	0,80	—	—	1015	80,9	1254	372
Балтийское	508	57,7	88	10,0	21	2,4	133	15,1	880	650
Азовское	67,4	68,3	20	20,2	—	11,4	11,5		98,74 122,6**	43,44
Каспийское	450	74,1	72	11,9	85	14	0,0	0,0	607	607
Аральское	163	90,0	18,2	10,0	—	—	0,0	0,0	181,4	181,4
ФОСФОР										
Белое	8,5	11,4	—		-4,5	—	66	88,6	74,5	-4,5*
Балтийское	45,4	50,3	0,4	0,4	0,8	0,9	10	11,1	90,3	79,3
Азовское	6,48	81,2	0,6	7,5			0,9	11,3	7,98 11,1**	3,98
Каспийское	37,7	92,6	—		3,0	7,4	0,0	0,0	40,7	40,7
Аральское	70	97,9	1,5	2,1	—		0,0	0,0	71,4	71,4
КРЕМНИЙ										
Белое	370	21,9	—	—	—	—	1320	78,1	1690	300
Балтийское	800	84,2	—	—	57	6,0	93	9,8	950	502
Азовское	88,5	74,0	—	—	—	—	31,2	26,1	119,7	82,8
Каспийское	697	95,5	—	—	33	4,5	0,0	0,0	730	730
Аральское	178	100	—	—			0,0	0,0	178,3	178,3

2.2. Расход

Море	Вынос в смежные моря		Изымается промыслом		Остается в море		Отношение прихода к
	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	массе в морской воде
АЗОТ							
Белое	882	70,3	0,40	0,03	372	29,7	0,77
Балтийское	230	26,1	27	3,1	620	70,5	0,18
Азовское	55,3	56,0	6,0	6,1	37,44	37,9	0,28
Каспийское	0,0	0,0	13,2	2,2	594	97,8	0,012
Аральское	0,0	0,0	0,80	0,4	180,6	99,6	0,73
ФОСФОР							
Белое	79	99	0,06	0,1	—	0,0	0,52
Балтийское	1 1	12,2	4,5	5,0	74,8	82,8	0,13
Азовское	4,0	50,1	1,0	12,5	2,98	37,4	0,34
Каспийское	0,0	0,0	1,65	4,0	39,0	96,0	0,010
Аральское	0,0	0,0	0,10	0,1	71,3	99,9	4,7
КРЕМНИЙ							
Белое	1390	82,2	0,0		300	17,8	0,66
Балтийское	448	47,2	0,0		502	52,8	
Азовское	36,9	30,8	0,0		82,8	69,2	0,47
Каспийское	0,0	0,0	0,0		730	100	0,008
Аральское	0,0	0,0	0,0		178	100	0,53

* Невязка баланса фосфора Белого моря - за счет неучтенной разгрузки подземных вод.

** Даны цифры прихода N и P с учетом абразии берегов и дна (около 6 % N и 14% P); N и P, поступающие за счет абразии берегов, практически в биотический круговорот не включаются и в основном аккумулируются в прибрежной зоне.

Примечание. Потери азота в атмосферу учтены только в Балтийском море - 3 тыс. т. в год.

Таблица 3

Интегральные показатели, характеризующие функционирование экосистемы морей

Показатель		Единицы измерения	Море		
			Белое	Балтийское	Каспийское
Фактор окружения среды			11	4,2	9,6
Показатель удельной поверхности			12	19	4,8
Модули стока Коэффициент экспорта (КЭ)	водного	л/с/км ²	10	36	2,4
	азота общего		0,400	0,310	0,108
	фосфора общего		0,015	0,028	0,010
	кремния	т/км ² /год	0,650	0,500	0,180
	углерода орган.		4,00	2,75	0,690
Показатели удельного поступления (нагрузки)	азота общего	т/км ²	25	2,28	1,61
		т/км ³	305	40,0	7,78
	фосфора общего	т/км ²	1,49	0,23	0,11
		т/км ³	18,1	4,1	0,52
	кремния	т/км ²	33,7	2,47	1,94
		т/км ³	411	43,2	9,34
	углерода органического	т/км ²	131	124	273
		т/км ³	1,60	2,32	1,31
Коэффициенты фоссилизации	от первичной продукции	%	3,7	9,8	4,15
	от общего прихода ОВ		1,06	8,20	4,04
	то же с учетом выноса		2,35	8,84	4,04
Отложение ОВ в грунты		т/км ² /год	1,40	10,1	11,0
Коэффициент водообмена			0,540	0,066	0,0045
Коэффициенты массообмена моря с смежными морями	азот общий		0,771	0,175	0,012
	фосфор общий		0,517	0,126	0,010
	кремний		0,660		0,008
	углерод орган.		0,457	0,578	0,205
Коэффициенты обмена фито-планктона со средой	азот		0,205	1,28	0,283
	фосфор		0,331	1,28	0,498
	кремний		0,521		0,612

Таблица 4

**Коэффициенты обмена (α) во внутриматериковых морях с окружающей средой:
водного α , биогенных элементов (α_N , α_P , α_{Si}), органического вещества
(аллохтонного $\alpha_{алл}$, автохтонного $\alpha_{авт}$, суммарного $\alpha_{сумм}$)**

Море	α	Биогенные элементы			Органическое вещество		
		α_N	α_P	α_{Si}	$\alpha_{алл}$	$\alpha_{авт}$	$\alpha_{сумм}$
Белое	0,540	0,771	0,517	0,660	0,325	0,132	0,457
Балтийское	0,066	0,175	0,126	—	0,093	0,495	0,578
Черное	0,0014'			—	0,003	0,030	0,033
Азовское	0,261	0,283	0,342	0,468	0,438	10,62	11,1
Каспийское	0,0045	0,012	0,010	0,008	0,005	0,200	0,205
Аральское	0,061	0,726	4,71	0,531	0,622	0,540	1,16

Примечание. Коэффициенты водообмена рассчитывались по формуле: $\alpha = \Delta V/V$ где ΔV - годовое поступление воды. V - объем моря. Коэффициенты обмена биогенными элементами и органическим веществом рассчитывались по аналогии с водным (годовое поступление / содержание в море).

Таблица 5

Коэффициенты обмена биогенными элементами фитопланктона со средой обитания

Море	ПП, млн т Сорг в год	Ассимиляция фитопланктоном, млн т в год (А)			Содержание в водах моря, млн т (Б)			Годовой приход, млн т (В)		
		N	P	Si	N	P	Si	N	P	Si
Белое	2,00	0,33	0,048	1,33	1,626	0,144	2,560	1,254	0,075	1,69
Балтийское	38,5	6,42	0,917	25,7	5,02	0,718		0,880	0,090	0,95
Черное	171	28,5	4,07	114	619	12,2	3151			
Азовское	10,5	1,75	0,250	6,99	0,349	0,023	0,256	0,099	0,008	0,12
Каспийское	86,2	14,36	2,06	57,5	50,7	4,14	93,8	0,607	0,041	0,73
Аральское	0,492	0,082	0,012	0,33	0,250	0,015	0,336	0,181	0,071	0,178
Коэффициенты обмена:										
Море		Отношение А/Б			Отношение А/В					
		N	P	Si	N	P	Si			
Белое		0,205	0,331	0,521	0,266	0,639	0,789			
Балтийское		1,28	128			10,2	27,0			
Черное		0,046	0,334	0,036	7,30					
Азовское		5,01	10,7	27,3	17,7	31,3	58,4			
Каспийское		0,283	0,498	0,612	23,7	50,6	78,7			
Аральское		0,328	0,770	0,976	0,453	0,164	1,84			

Таблица 6

**Показатели эффективности техногенного геохимического давления
по биогенным элементам Р и N**

Моря	КЭ, т/км ² /год			МТГД/КЭ	
	Р	N	N/P	Р	N
Белое	0,015	0,400	22	5,0	1,2
Балтийское	0,028	0,310	11	8,4	5,3
С учетом прямого сброса сточных вод	0,037	0,350	9	6,4	4,7
Общий антропогенный сброс	0,023	0,133	6	10	12
Составляющая речного стока					
антропогенная	0,014	0,093	7	17	18
природная	0,014	0,217	16	17	7,6
Каспийское	0,010	0,108	11	16	29
Составляющая речного стока					
антропогенная	0,0035	0,059	17	44	53
природная	0,0065	0,049	7,5	24	64
Азовское	0,011	0,118	11	45	49
Аральское	0,26	0,060	2,3	2,9	11

Примечание: КЭ, т/км²/год – коэффициент экспорта; МТГД/КЭ – модуль техногенного геохимического давления /коэффициент экспорта; Р – фосфор; N – азот.

Таблица 7

**Показатели эффективности техногенного геохимического давления
по солевому составу**

Море	КЭ, т/км ² /год		МТГД/КЭ	
	K	S	K	S
Белое	0,2	2,7	0,37	0,18
Составляющая речного стока:				
антропогенная	-	0,5	-	1,0
природная	-	2,2	-	0,2
Балтийское	0,32	0,59	3,2	3,0
Каспийское	0,31	0,59	3,2	3,0
Составляющая речного стока				
антропогенная	-	0,7	-	2,7
природная	-	1,5	-	1,4
Азовское	0,38	1,6	2,3	4,2
Аральское	0,12	1,46	0,29	0,20

Примечание: КЭ, т/км²/год – коэффициент экспорта; МТГД/КЭ – модуль техногенного геохимического давления /коэффициент экспорта; Р – фосфор; N – азот.

УДК 911.8

Ларькова М.С., Хлебосолова О.А.

Московский государственный областной университет

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛАНДШАФТОВ
В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК
«НИКЕЛЬ» И «ЗАПОЛЯРНЫЙ» КОЛЬСКОЙ ГМК**

M. Larkova, O. Khlebosolova

Moscow State Regional University

**CURRENT STATE OF LANDSCAPES IN THE ZONE OF INFLUENCE
OF INDUSTRIAL SITES 'NIKEL' AND 'ZAPOLYARNY'
OF THE KOLA MINING & METALLURGICAL COMPANY**

Аннотация. На основании обзора предыдущих исследований, посвященных проблеме трансформации ландшафтов вблизи промышленных площадок «Никель» и «Заполярный», выявляется зона непосредственного влияния промышленных выбросов. В статье рассматривается современное состояние ландшафтов на определенной ранее территории по данным собственных полевых исследований. Проверяется гипотеза о концентрической конфигурации зон с различной степенью нарушенности природного территориального комплекса (ПТК). Выявляются основные факторы, обуславливающие пространственные закономерности распространения ландшафтов с разной степенью трансформации.

Ключевые слова: трансформация ландшафтов, воздействие на окружающую среду, зонирование территории, пирогенный фактор, промышленные площадки «Никель», «Заполярный», Кольская горно-металлургическая компания (ГМК).

Abstract. Based on a review of previous studies on the problem of the landscape transformation near industrial sites 'Nickel' and 'Zapolyary', the zone of direct influence of industrial emissions is found. The current state of the landscapes in the area, which was previously identified according to our own field research, is considered. The hypothesis is tested of a concentric configuration of zones with a varying extent of natural territorial complex fracturing. The main factors are determined that contribute to the spatial distribution patterns of landscapes with a different extent of transformation identify.

Key words: landscapes transformation, environmental impact, territorial zoning, pyrogenic factor, industrial sites 'Nickel', 'Zapolyarny', Kola Mining & Metallurgical Combine.

Кольская горно-металлургическая компания (ГМК) осуществляет горнодобывающую и перерабатывающую деятельность в Мурманской области силами двух подразделений: комбинатами «Североникель» (г. Мончегорск) и «Печенганикель» (п. Никель, г. Заполярный). Наше исследование охватывает промышленные площадки «Никель» и «Заполярный», расположенные на крайнем северо-западе Кольского полуострова.

В ландшафтном отношении территория исследования представляет собой урочища крупных массивов, гряд и холмов Балтийского щита. Они сформированы на кристаллических породах архея и протерозоя – так называемые тунтури (группы блоковых возвышенностей на общем цоколе с отчетливой вертикальной поясностью, высотой более 200 м) и вараки (низкие скальные денудационные гряды с мощным, но прерывистым покровом четвертичных отложений, высотой менее 200 м). Коренная растительность – лесотундровое березовое редколесье и криволесье (из *Betulatortuosa*) с примесью ели сибирской (*Piceaobovata*) и сосны лапландской (*PinusSylvestrislapponica*), с вереском (*Callunavulgaris*), дерном шведским

(*Chamaepericlymenusuecicum*) и можжевельником (*Juniperuscommunis*) на подзолистых иллювиально-гумусовых маломощных почвах, сменяющееся на вершинах гряд лишайниково-кустарничковой и кустарничково-лишайниковой тундрой на горных тундровых примитивных почвах [1, с. 22; 2, с. 67; 7, с. 281].

История добычи и переработки медно-никелевых руд на северо-западе Кольского полуострова в лесотундровой зоне насчитывает более 75 лет [3, с. 13]. Никеленосные ультраосновные породы на данной территории впервые обнаружил русский геолог С.А. Конради, который в 1912 г. по заданию Российского геологического комитета проводил поиски продолжения зюдварангерской железнорудной формации [5, с. 7]. С 1937 г. интернациональной компанией «Инко» началась активная эксплуатация никелевых рудников и строительство сопутствующей инфраструктуры [4, с. 92].

Первая плавка руды на металлургическом заводе была произведена в 1946 г. при помощи металлургов «Североникеля» и «Южуралникеля». С этого момента основная масса добытой руды стала перерабатываться на месте [3, с. 14]. Пик промышленного производства был достигнут в 1970-х гг., когда на комбинат для переработки начали завозить норильскую руду, характерная особенность которой заключается в высокой доле содержания серы. Именно в этот период времени сильно выросли объемы выбросов загрязняющих веществ, что, по всей вероятности, можно назвать одним из основных факторов трансформации прилегающей территории.

В настоящее время на исследуемой территории функционируют две промышленные площадки Кольской ГМК: «Никель» и «Заполярный». Открытые горные работы ведутся на Ждановском месторождении, добыча руды подземным способом осуществляется на двух рудниках – «Каула-Котсельваара» и «Северный». Технологическая схема предполагает перевоз сырья и промежуточной продукции автомобильным и железнодорожным транспортом.

Производственная деятельность предприятий по добыче и переработке медно-никелевых руд неизбежно сказывается на состоянии окружающей среды. Наиболее сильное негативное влияние на наземные экосистемы связано с выбросами диоксида серы и тяжелых металлов. Данная проблема приобретает особую остроту в связи с функционированием предприятий Кольской ГМК в условиях крайнего севера, где естественные процессы в экосистемах замедлены, вследствие чего восстановление поврежденных природных комплексов занимает более длительное время, чем в южных регионах. Выявление степени влияния предприятий на природные ландшафты в регионе также важно в связи с положением в непосредственной близости от государственной границы с Норвегией и Финляндией, необходимостью оценки масштабов и степени влияния трансграничного переноса загрязняющих веществ и доли в нем российских предприятий.

По проблеме трансформации ландшафтов в зоне влияния промышленных площадок ведется работа рядом организаций и учреждений на протяжении нескольких последних десятилетий. При этом большинство исследований направлено на выявление степени загрязнения территории выбрасываемыми веществами, подразумевая, что именно данный фактор – основной, обуславливающий закономерности распространения ландшафтов с разной степенью нарушения естественной среды. Можно выделить несколько основных исследований, посвященных данной проблеме.

Исследование Норвежского института наблюдения за воздухом (NILU), проводимое в 1994-1995 гг., позволило спрогнозировать зоны осаждения никеля и сернистого ангидрида (рис. 1, 2). Согласно данному исследованию, зоны сильного загрязнения расположены в непосредственной близости от промышленных площадок (не более 5 км) и вытянуты на северо-восток, что объясняется преобладанием местных ветров данного направления.

Изучение природной среды территории, подверженной выбросам медно-никелево-

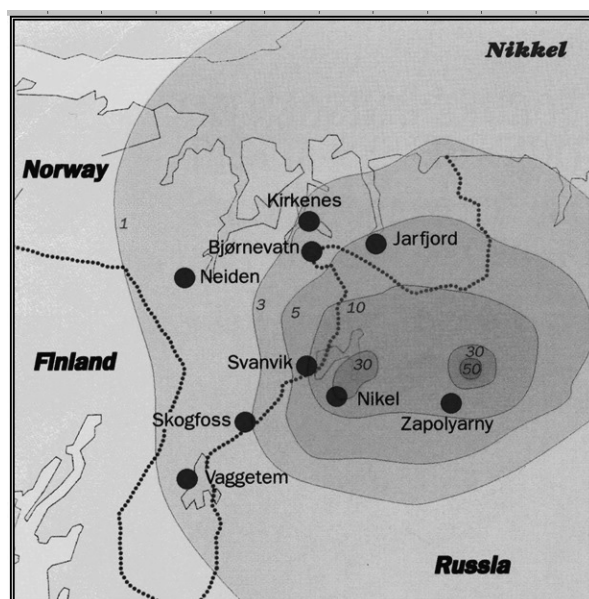


Рис. 1. Расчетные осадки никеля ($\mu\text{г}/\text{м}^2$) с мая 1994 г. до апреля 1995 г. (NILU: Resultater fra den norsk-russiske helseundersokelsen. – Tromsø, 1998).

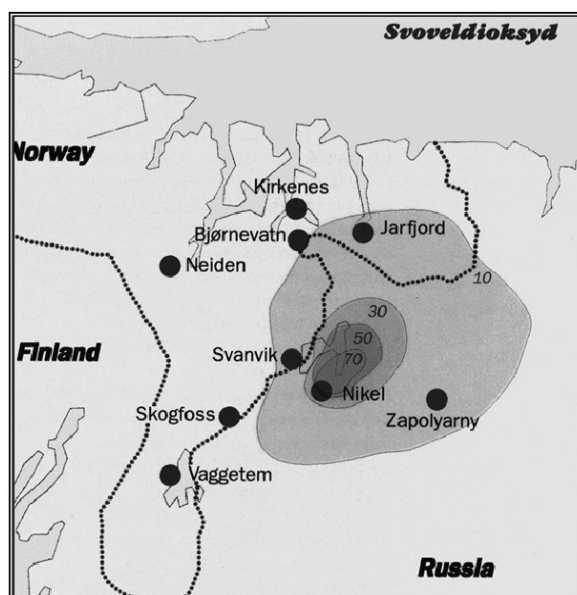


Рис. 2. Средняя расчетная концентрация сернистого ангидрида в воздухе ($\mu\text{г}/\text{м}^2$) с мая 1994 до апреля 1995 г. (NILU: Resultater..., 1998).

го производства Кольской ГМК, в рамках Международной «Программы мониторинга за изменениями окружающей среды» в приграничном районе России, Норвегии и Финляндии (так называемая «Пасвик-программа») осуществлялось в 2003-2006 гг. [9, с. 7]. По результатам «Пасвик-программы» было выявлено, что содержание тяжелых металлов в почвах максимально вокруг производственных объектов. По мере удаления от предприятий уровень концентраций тяжёлых металлов снижается и зависит от особенностей перераспределения атмосферных осадков. Изучение в рамках проекта состояния растительного покрова и состояния популяций животных подтверждают общую закономерность сильного угнетения ландшафтов вблизи комбинатов и улучшения состояния природных комплексов по мере удаления от них.

Основываясь на результатах предыдущих исследований, можно сделать вывод, что основной зоной влияния выбросов медно-никелевой промышленности в районе выступает территория, заключенная между двумя дорогами, соединяющими п. Никель и г. Заполярный. В связи с этим в качестве мо-

дельной была выбрана именно эта территория. Как уже было отмечено ранее, все ранее проводимые исследования были посвящены либо проблеме выбросов и загрязнения почв, содержанию вредных веществ в растительности и животных, либо изучению нарушения экосистем методом биоиндикации. В отличие от предыдущих исследований, нами был осуществлен комплексный подход к вопросу антропогенной трансформации ландшафтов в зоне влияния промышленных площадок «Никель» и «Заполярный» Кольской ГМК.

Выявление степени трансформации ландшафтов в данном районе значимо для дальнейших биологических и биоэкологических исследований, на основе которых выявляется динамика функционирования экосистем. Цель исследования заключалась в проверке гипотезы зонирования территории по степени трансформации ландшафтов, которая основывается на данных по выбросам, имеющим форму концентрических окружностей, и на результатах биоиндикационных исследований, которые показывают усложнение структуры биогеоценозов при отдалении от промышленных площадок.

В качестве методологической основы настоящих исследований выступает концепция хроноорганизации географической реальности В.Н. Солнцева, согласно которой процессы разной длительности характеризуются качественным своеобразием, приводящим к возникновению в объектах, охваченных этими процессами, новых качеств [6, с. 151]. При этом развитие ПТК возможно при влиянии друг на друга компонентов, входящих в его состав, но сила их влияния различается в ряду: земная кора, воздух, вода, растительность, животный мир [7, с. 52; 8, с. 71]. Этим же определяется и различие в инертности (динамичности) компонентов окружающей среды. Наибольшей динамичностью – быстрой изменчивостью в связи с воздействием внешних факторов, в том числе промышленных загрязнений, – обладает биота, поэтому именно биотический компонент ПТК должен быть положен в основу качественной оценки современного состояния ландшафтов исследуемой территории.

Оценка современного состояния ландшафтов рассматриваемой территории проводилась преимущественно по данным о состоянии растительного покрова [3, с. 67].

Для сбора данных о состоянии растительного покрова было заложено 5 маршрутов общей протяженностью 63 км, вдоль которых работа проводилась методом ландшафтных трансект. В связи с сильной разреженностью растительного покрова, что, в целом, характерно для рассматриваемой зоны, суммарная ширина полосы обзора составила 500 м.

В основу оценки современного состояния ландшафтов, находящихся под воздействием выбросов промышленных площадок «Никель» и «Заполярный», были заложены следующие критерии, выработанные во время предыдущих исследований: высота и густота древостоя, количество подроста, наличие и состояние можжевельника в кустарниковом ярусе, видовой состав и проективное покрытие кустарничкового и травянистого ярусов [3, с. 67]. Оценка проводилась по шкале от 1 до 7, где 1 соответствовали сильно нарушенные ландшафты, а 7 – условно ненарушенные. По результатам исследований была составлена картосхема, отражающая степень трансформации природных комплексов в зоне влияния промышленных объектов Кольской ГМК вдоль линий маршрутов (рис. 3).

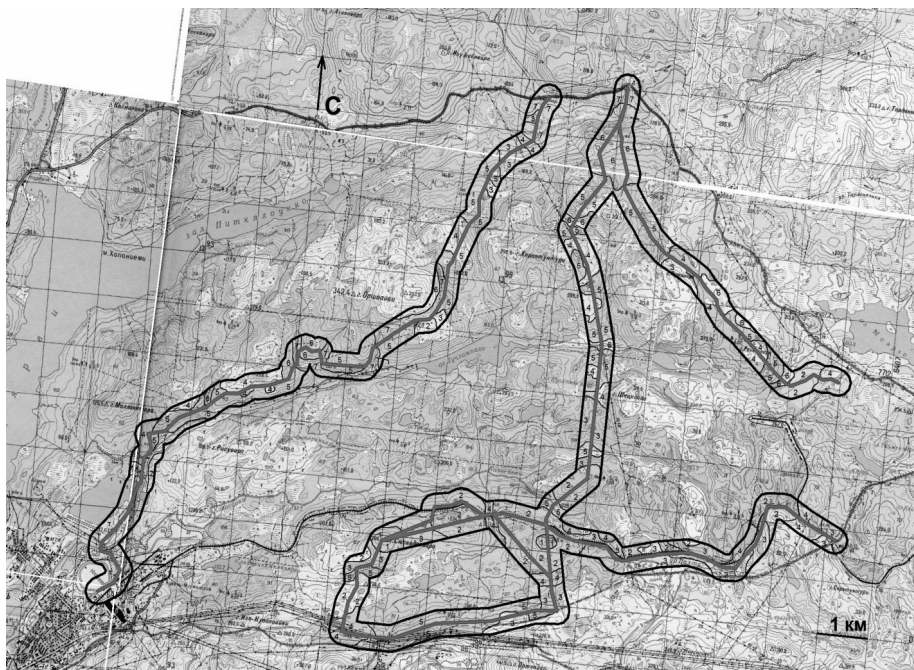


Рис. 3. Трансекты степени трансформации природных комплексов в зоне влияния промышленных площадок «Никель» и «Заполярный» Кольской ГМК.

Анализ картосхемы показывает следующие закономерности зависимости степени нарушенности природных комплексов от расстояния от источника загрязнения. Максимальная степень трансформации преимущественно присуща ландшафтам, расположенным вблизи промышленных площадок «Никель» и «Заполярный». Они представляют собой так называемые «пустоши», т.е. наблюдается отсутствие какого-либо растительного покрова, поверхность почвы полностью оголена. Природные комплексы вблизи железной дороги, которая соединяет два населенных пункта, также довольно сильно нарушены, степень их трансформации оценивается в 2-3 балла в зависимости от участка. На данной территории встречаются единичные березы высотой 2-4 м, напочвенный покров представлен злаками и кустарничками, проективное покрытие варьируется от 20% до 40%. На всем протяжении железной дороги на прилегающей территории наблюдаются следы пожаров (преимущественно в виде обугленных остатков стволов деревьев).

Ландшафты с минимальной степенью трансформации распространены в районе старой северной дороги, соединяющей п. Никель и г. Заполярный, а также вдоль русел крупных водотоков. Здесь распространены довольно густые березовые леса. Высота деревьев составляет 10-12 м, крона развесистая, в качестве характерной особенности кустарникового яруса можно отметить присутствие можжевельника в большом количестве. Напочвенный покров кустарничково-разнотравно-злаковый, проективное покрытие достигает практически 100%.

Вместе с тем нет однозначной зависимости степени нарушенности природного комплекса от расстояния до промышленного объекта. Так, на расстоянии 4 км от промышленной площадки «Никель» на склоне южной экспозиции г. Маллаквара произрастают березовые леса с высотой деревьев 6-8 м, с развитой кроной. Напочвенный покров кустарничко-злаковый, проективное покрытие составляет 80%. Данный природный комплекс оценен по шкале степени трансформации в 5 баллов.

Есть и такие природные комплексы, которые расположены на большом удалении от комбината, но трансформированы довольно сильно. Например, небольшая гряда, расположенная на севере рассматриваемой территории, на правом берегу р. Кувернеринйоки в 500 м к югу от дороги. ПТК данной гряды оценены в 3 балла по шкале степени трансформации. Здесь наблюдаются отдельно стоящие березы (на расстоянии 10-20 м), высотой в среднем 4 м, напочвенный покров почти отсутствует, исключение составляет куртины злаков (преимущественно вблизи стволов деревьев), наблюдаются явные признаки гари (обугленные стволы деревьев).

Таким образом, результаты исследования показатели, что нет однозначной прямой зависимости степени нарушенности природных комплексов от расстояния до источника загрязнения. По всей вероятности, пространственные закономерности распространения ландшафтов с разной степенью трансформации обусловлены двумя основными факторами: аэротехногенными выбросами предприятий и антропогенными пожарами. Вопрос о роли каждого из выявленных факторов требует дальнейших исследований. Также еще предстоит ответить на вопрос о причине значимости пирогенного фактора именно на данной территории – с связи с тем, что на сходных в природном отношении территориях, но в отсутствие промышленности, трансформация ландшафтов, им обусловленная, не приобретает таких значительных масштабов.

Исследование и публикация осуществлены в рамках гранта «Антропогенная трансформация ландшафтов в районе действия медно-никелевого производства: динамика и оптимизация восстановления» (№68/213-Н7) Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Атлас Мурманской области. – М.: ГУТиК при СМ СССР, НИЭГИ ЛГУ им. А.А. Жданова, 1971. – 46 с.
2. Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1985. – 320 с.

3. Кольская горно-металлургическая компания (промышленные площадки «Никель» и «Заполнярный»): влияние на наземные экосистемы / под общ.ред. О.А. Хлебосоловой. – Рязань: НП «Голос губернии», 2012. – 92 с.
4. Ларькова М.С. Особенности освоения российской части бассейна реки Патсо-йоки (Паз) в XX веке // Вестник МГОУ, серия «Естественные науки». – 2012. – № 3. – С. 90-96.
5. Медно-никелевые месторождения Печенги / отв. ред. Н.П. Лаверов. Тр. Ин-та ИГЕМ РАН. Новая сер. Вып. 2. – М.: ГЕОС, 1999. – 236 с.
6. Солнцев В.Н. Системная организация ландшафтов. – М.: Мысль, 1981. – 240 с.
7. Солнцев Н.А. Некоторые теоретические вопросы динамики ландшафта // Вестник МГУ, серия «География» – 1963. – № 2. – С. 50–55.
8. Солнцев Н.А. О суточном цикле в динамике ландшафтов // Вестн. МГУ, серия «География». – 1960. – № 6. – С. 70–73.
9. State of the Environment in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area / Editors: K. Stebel, G. Christinsen, J. Derome, I. Grekelä // The Finnish Environment. – 2007. – Vol. 6. – 98 p.

РАЗДЕЛ IV. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ БИОЛОГИИ, ГЕОГРАФИИ И ЭКОЛОГИИ

УДК 006 : 57(075.3)

Пасечник В.В.

Московский государственный областной университет

СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА УЧЕБНИКОВ БИОЛОГИИ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ В СВЕТЕ НОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПАРАДИГМЫ

V. Pasechnik

Moscow State Regional University

CONTENT AND STRUCTURE OF SECONDARY SCHOOL BIOLOGY TEXTBOOKS IN THE LIGHT OF THE NEW EDUCATIONAL PARADIGM

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы содержания и структуры учебников биологии в связи с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования. Выдвинуты положения, на основе которых должны разрабатываться учебники, раскрыты особенности их методического аппарата с учетом содержания и возраста учащихся. Раскрываются возможности использования учебников при организации учебно-познавательной деятельности учащихся в свете новой образовательной парадигмы.

Ключевые слова: образовательная парадигма, Федеральный государственный образовательный стандарт, концепция, учебник.

Abstract. The paper discusses the content and structure of the biology textbooks in connection with the requirements of the Federal state educational standards of general education. We put forward the provisions on the basis of which textbooks should be developed, reveal the features of their methodical apparatus with regard to the content and the age of the pupils. The possibility of using textbooks in the training and learning activities of pupils is considered in the light of a new educational paradigm.

Key words: educational paradigm, Federal State Educational Standard, concept, textbook.

В декабре 2010 г. принят Федеральный государственный образовательный стандарт (далее – Стандарт) основного общего образования. Он коренным образом отличается от предыдущих образовательных стандартов, строившихся на основе парадигмы «знаний» и четко определявших только объем знаний и умений, которые должны были усвоить учащиеся, в то время как новый Стандарт устанавливает требования к результатам освоения обучающимися основной образовательной программы основного общего образования: личностным, метапредметным и предметным.

В основе принятого Стандарта лежит системно-деятельностный подход, который обеспечивает:

- формирование готовности к саморазвитию и непрерывному образованию;
- проектирование и конструирование социальной среды развития обучающихся в системе образования;
- активную учебно-познавательную деятельность обучающихся;

© Пасечник В.В., 2013.

– построение образовательного процесса с учётом индивидуальных возрастных, психологических и физиологических особенностей обучающихся.

В принятом Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования определены требования к результатам освоения основной образовательной программы основного общего образования, кроме прочего, указывается, что личностные результаты освоения основной образовательной программы должны отражать формирование целостного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики, а при изучении биологии:

1) формирование системы научных знаний о живой природе, закономерностях её развития исторически быстром сокращении биологического разнообразия в биосфере в результате деятельности человека, для развития современных естественнонаучных представлений о картине мира;

2) формирование первоначальных систематизированных представлений о биологических объектах, процессах, явлениях, закономерностях, об основных биологических теориях, об экосистемной организации жизни, о взаимосвязи живого и неживого в биосфере, о наследственности и изменчивости; овладение понятийным аппаратом биологии;

3) приобретение опыта использования методов биологической науки и проведения несложных биологических экспериментов для изучения живых организмов и человека, проведения экологического мониторинга в окружающей среде;

4) формирование основ экологической грамотности: способности оценивать последствия деятельности человека в природе, влияние факторов риска на здоровье человека; выбирать целевые и смысловые установки в своих действиях и поступках по отношению к живой природе, здоровью своему и окружающих, осознание необходимости действий по сохранению биоразнообразия и природных местообитаний видов растений и животных;

5) формирование представлений о значе-

нии биологических наук в решении проблем необходимости рационального природопользования защиты здоровья людей в условиях быстрого изменения экологического качества окружающей среды;

6) освоение приёмов оказания первой помощи, рациональной организации труда и отдыха, выращивания и размножения культурных растений и домашних животных, ухода за ними [4].

Реализовать данные требования возможно при условии, если учащиеся усвоят основные биологические понятия, определенную сумму знаний и умений. Но формирование целостного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики, требует систематизации и обобщения усвоенного материала. Это и определяет содержание и структуру курса биологии в основной школе. Учебник был и остается ведущим средством обучения. Именно учебник в значительной степени определяет содержание курса и методику организации учебно-познавательной деятельности учащихся, выбираемую учителем. Образовательная парадигма, заложенная в Стандарте, выдвинула новые требования к школьным учебникам. Мы считаем, что основными положениями, на которых должны разрабатываться концепции учебников разных линий, являются:

– построение курса, основанного на формировании знаний о живой природе от первоначальных представлений о проявлении основных жизненных свойств (5-8 классы) до общебиологических закономерностей (9 класс) через системное изучение различных групп организмов, в том числе человека;

– системно-деятельностный подход в основе обучения биологии, который реализуется через системное создание оптимальных методических условий для организации учебно-познавательной деятельности учащихся во время уроков, домашней работы и других организационных форм учебного процесса;

– необходимость ориентации на достижение предметных, личностных и метапредметных результатов обучения;

– возможность построения индивидуальных образовательных траекторий, которая реализуется, прежде всего, через раскрытие перед учащимися роли биологических знаний в различных отраслях деятельности человека (науке, сельском хозяйстве, промышленности и др.)

Реализация этих положений должна найти свое отражение не только в содержании, но и, что принципиально важно, в разработке соответствующего методического аппарата учебника, с учетом содержания и возраста учащихся. В учебнике должны быть представлены:

- структурированные виды учебной деятельности, полезные советы;
- практикоориентированный подход с актуализацией жизненного опыта;
- дифференцированные системы заданий на основе индивидуальных образовательных траекторий;
- формирование и развитие универсальных учебных действий;
- разгрузка теоретического материала.

Итак, для выполнения нового стандарта, базирующегося на системно-деятельностном подходе, необходимо будет кардинально изменить методику обучения биологии. Учителю придется работать не только с классом, но и индивидуально с каждым учеником, проводить работу не только в коллективе, но и научиться организовывать коллективную познавательную деятельность. Самостоятельная работа должна стать ведущим видом деятельности учащихся в учебном процессе. В связи с этим особое внимание необходимо будет уделять формированию универсальных учебных действий (регулятивным, познавательным, коммуникативным), без которых самостоятельная познавательная деятельность учащихся будет малоэффективной. В то же время, учитывая, что использование методов обучения всегда ситуативно, учителю в каждом конкретном случае придется решать проблему оптимального сочетания репродуктивной и творческой познавательной деятельности учащихся. В преподавании все большее место будут занимать проектно-ис-

следовательская деятельность и информационно-коммуникационные технологии [1].

Комплекты учебников биологии «Линия жизни» издательства «Просвещение» и учебно-методические линии под редакцией В.В. Пасечника в издательстве «Дрофа» как раз и нацелены на организацию такой работы [2; 3]. К учебникам данных линий разработаны рабочие тетради для учащихся и методические пособия для учителя, электронные приложения, которые будут способствовать достижению личностных, предметных и метапредметных результатов, формирование которых предусмотрено новыми стандартами.

Учебник, в первую очередь, является средством организации учебной деятельности учащихся. На решение этой задачи и нацелен методический аппарат каждого учебника линии. Так, в предисловии к учебникам даются советы школьнику, как работать с учебником. Информационный блок включает в себя основной текст и различные иллюстрации, вопросы на актуализацию знаний «вспомните», ключевые слова, репродуктивные и творческие вопросы. В учебниках дается описание лабораторных и практических работ, опытов, задания на размышление, интересные сведения и факты, дополнительный материал. Особое место отводится работам с различными источниками информации, включающими и Интернет.

Впервые за многие годы мы имеем возможность начать изучение биологии с 5 класса. Следует учитывать, что учащиеся 5 класса любознательны, им интересно знакомиться с новыми объектами, новыми видами работ, проводить самостоятельные исследования. Учителю важно поддержать и развить интерес к биологии. Сделать это можно лишь в том случае, если учитель включит учеников в активную познавательную деятельность. Содержание и методический аппарат учебников открывает для этого большие возможности. В 5 классе ученик узнает, что изучает биология, чем живое отличается от неживого, знакомится с методами изучения биологии, с многообразием живых организмов и средами

их обитания. Мы прекрасно знаем, что успехи учащихся в значительной мере зависят от их умения работать самостоятельно и, в первую очередь, с учебником и другой учебной литературой. Именно поэтому, уже в первых параграфах учебника, даются задания, направленные на отработку у учащихся умений работать с текстом и иллюстрациями учебника, с его методическим аппаратом.

Творческая познавательная деятельность возможна только в процессе самостоятельной работы учащихся, а для этого лучше всего создать условия, при которых ученики почувствовали бы себя в положении «маленьких исследователей». Такую работу с успехом можно организовать в 5 классе, при изучении первой главы «Клетка – основа строения и жизнедеятельности организмов». В последние годы учителя, из-за недостатка времени, не имели возможности формировать на должном уровне умения работы с микроскопом, приготовления микропрепаратов, изучать различные объекты под микроскопом. Теперь такая возможность появилась, так как на изучение этой темы учитель может выделить 8 – 10 часов. В связи с этим в учебнике даются лабораторные работы по изучению клеток чешуи кожицы лука, пластид, движения цитоплазмы, предлагаются опыты, которые можно провести как на уроке, так и во внеурочное время.

В 5-7 классах у учащихся формируются общие представления о живых организмах, их жизнедеятельности и многообразии, они знакомятся с основными процессами жизнедеятельности организмов. Содержание и методический аппарат учебников нацеливает учащихся на проведение опытов, наблюдений, фиксацию результатов, установление причинно-следственных связей. Такой подход, а он является отличительной чертой в построении учебников данных линий, дает возможность учителю с новых позиций организовать познавательную деятельность учащихся по изучению многообразия организ-

мов и их классификацию. Теперь учащиеся рассматривают все живые организмы в тесной взаимосвязи между собой и со средой, в которой они обитают. В учебниках 8 класса содержание и методический аппарат нацеливают на формирование у учащихся ценности здорового и безопасного образа жизни.

В 9 классе происходит систематизация и обобщение биологических знаний, нацеленных на формирование мировоззрения и личных качеств учащихся, развитие практических умений и творческих способностей учащихся. У учащихся 9 класса уже должны быть знания и умения для выполнения творческих самостоятельных работ. Проектно-исследовательская деятельность, работа с различными источниками информации, написание рефератов, выступление с докладами и сообщениями, участие в дискуссиях должны стать обычными формами учебной работы девятиклассников. Все эти формы нашли свое отражение в учебниках 9 класса.

Новые требования к организации учебно-познавательной деятельности учащихся при изучении биологии делают актуальной проблему разработки новых подходов и в подготовке будущих учителей в педвузах, и в переподготовке действующих учителей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Пасечник В.В. Методика преподавания биологии: традиции и инновации // Биология в школе. – 2011. – № 9. – С. 11-16.
2. Программа основного общего образования. Биология. 5-9 классы / В.В. Пасечник, В.В. Латюшин, Г.Г. Швецов // Рабочие программы. Биология. 5-9 классы: учебно-методическое пособие / сост. Г.М. Пальдяева. – М.: Дрофа, 2012. – С. 240-381.
3. Программа основного общего образования. Биология. 5-9 классы / В.В. Пасечник, С.В. Суматохин, Г.С. Калинова. – М.: Просвещение, 2012. – 31 с.
4. Федеральный государственный образовательный стандарт основного образования / М-во образования и науки РФ. – М.: Просвещение, 2011. – 50 с.

УДК [373.5.016:54]:504

Роман С.В.

Луганский национальный университет им. Тараса Шевченко (Украина)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЦЕННОСТИ В СТРУКТУРЕ ШКОЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

S. Roman

Luhansk Taras Shevchenko National University, Ukraine

ECOLOGICAL VALUES IN THE STRUCTURE OF CHEMISTRY EDUCATION AT SCHOOL

Аннотация. В статье обосновывается решающая роль химического образования в формировании экологических ценностей школьников. Дается авторское определение понятия «экологические ценности». Отмечается, что среди стратегических приоритетов формирования экологических ценностей школьников в процессе химического образования должна быть четкая аксиологическая направленность этого процесса, поскольку смысл взаимоотношений человека и природы можно постигнуть, исходя из проблемы ценностей. Анализируются аксиологические составляющие системы экологических ценностей школьников, которую можно сформировать средствами химического образования.

Ключевые слова: формирование ценностей, экологические ценности, школьное химическое образование.

Abstract. We point out the crucial role of chemical education in the formation of ecological values of school students. We present our definition of the concept 'ecological values.' It is noted that among strategic priorities of the formation of ecological values of school students in the course of chemical education there should be an accurate axiological orientation of this process as the sense of relationship of the person and the nature can be comprehended, proceeding from the problem of values. Axiological components of the system of ecological values of school students, which can be created by means of chemical education, are analyzed.

Key words: formation of values, ecological values, chemical education at school.

Среди современных жизненных ценностей личности приоритетными все чаще определяют экологические. Мы можем восхищаться эстетическими ценностями (египетскими пирамидами или произведениями античного искусства), но человечество все больше осознает, что без элементарных экологических ценностей (чистого воздуха, питьевой воды, продуктов питания) оно не сможет существовать. Среди глобальных проблем на первый план все чаще выходит экологическая; она составляет основу жизнедеятельности общества и определяет доминирующие компоненты в новой шкале ценностей. Нерушимым законом такой мотивации выбора для всего общества становятся экологические ценности – ключевое понятие для всего контекста экологического мышления и деятельности. Это отправная точка аксиологического ряда нового гуманизма, который определяет духовно-моральные ориентиры современной молодежи.

Главной причиной экологического кризиса являются утилитарные ценности, которыми руководствуется современный человек. Поэтому обязательным условием выхода из этого кризиса является изменение ценностных ориентаций как общества в целом, так и каждой личности в частности. Необходимо, чтобы экологические ценности стали неотъемлемой составляющей системы общечеловеческих ценностей. Проблема формирования соответствующих ценностных ориентаций относительно природы разрешается в процессе рассмотрения более общей проблемы – формирования экологического мировоззрения. Поскольку ценности являются важной составляющей любой формы мировоззрения, именно в соответствии

с системой ценностей формируется смыслообразующая часть мировоззрения – идеал, согласно которому человек и пытается оптимально организовывать свои отношения с природой. В наше время очень важно, чтобы были сформированы экологические ценности, соответствующие экологическому императиву, который определяет характер взаимодействия общества и природы с позиций экоцентрического миропонимания, а именно: правильно и разрешено лишь то, что не нарушает динамического равновесия в биосфере.

Масштабный экологический кризис, изменение качества жизни людей и необходимость научить подрастающее поколение формам культурной коммуникации с окружающей средой, которые основываются на принципе согласования действий и поведения человека с состоянием природы, актуализируют проблему формирования экологических ценностей школьников. Поэтому целью данной статьи является исследование сущности понятия «экологические ценности» с целью дальнейшего установления аксиологических составляющих системы экологических ценностей, которые можно сформировать у школьников средствами химического образования.

Считаем, что решающая роль в формировании указанных ценностей у школьников должна отводиться именно химическому образованию, поскольку в основе любых процессов, которые происходят в экосистеме и организме, лежат химические реакции, что следует учитывать при оценке влияния человека на конкретные экосистемы и биосферу в целом. Школьное химическое образование призвано формировать знания о законах природы и умения использовать их в интересах человека и окружающей среды, знакомить с химической формой жизни и раскрывать взаимосвязь с другими формами жизни, объяснять причины нарушения естественного равновесия и ухудшения качественных параметров окружающей среды в связи с практической деятельностью человека, указывать пределы критических нагрузок на биосферу,

за которыми начинаются процессы разрушения.

Комплексный анализ исследуемой проблемы показал отсутствие адекватной дефиниции самого понятия «экологические ценности», что побудило нас сформулировать **авторское определение** этого понятия: **экологические ценности** – понятие экоцентрической экологической этики, которое отражает значимость для индивида проявлений экологической морали как регулятора общественно надлежащего поведения и является воплощением его субъективного деятельно-заинтересованного отношения к реализации в жизни и на практике экоэтических идеалов, интересов, мотивов, норм и принципов выбора экологически безопасной и целесообразной линии поведения, сориентированных на охрану природы и здоровья.

При этом базовыми идеями формирования экологических ценностей школьников и развития их личности в процессе химического образования должны стать: идея единения мира (В.И. Вернадский, Н.Н. Моисеев, А.Д. Урсул), идея вселенского предназначения личности (Л.И. Новикова, М.В. Соколовский, Г. Полде, Г. Шеффер); идея соборности как идентификация человека с целым (Н.Д. Никандров, К. Касьянова); идея духовной вертикали развития в условиях информационного общества (В.С. Соловьев, И.А. Ильин); идея национального дома (Е.П. Белозерцев); идея этической разумности (А.Д. Урсул); идея ненасилия (Л.Н. Толстой, Г.С. Батищев); идея коэволюции (Н.Н. Моисеев). Все они базируются на двух ведущих ценностях современного человечества – ценности Природы и Человека, а также идее сотрудничества людей на планете относительно гуманизации их существования.

Экологически ориентированное химическое образование способно к такой необходимой сегодня трансформации от традиционного стремления вооружить человека новыми операционными возможностями в деле «подчинения природы» до формирования человека, способного адекватно ориентироваться в сложившихся реалиях и делать

правильный выбор. А учитывая, что экологический кризис по своей сути носит мировоззренческий, духовно-моральный характер, выход из данного кризиса следует связывать, в первую очередь, с искоренением из сознания современной молодежи представлений о безмерных богатствах природы и о человеке как её покорителе, под воздействием которых у нее формируется восприятие природы лишь как утилитарной ценности.

Ориентация на идеальные детерминанты общественной практики относительно решения экологических проблем побуждает химическое образование учитывать все потенциалы природы, способные концентрированно выявить ее ценности. К таким ценностям известный украинский экофилософ В. Борейко, кроме внутренней ценности (самоценности природы), относит ее нематериальные ценности – историческую, патриотическую, религиозную, эстетическую, этическую, символическую, духовную, эталонную, научную, музейную, воспитательную, образовательную, экологическую (природоохранную, средообразующую, природоподдерживающую, выживательную), а также ценности существования, наследия, свободы, вдохновения, защиты от новых болезней [1, с. 28-31].

Кроме того, формирование экологических ценностей школьников в процессе химического образования не может рассматриваться вне социокультурного аспекта, поскольку характер ценностного взаимодействия человека с окружающей природой и социальной средой всегда отображает тот тип культуры, носителем которой он является. Вот почему без изменений в химической культуре и культуре природопользования нельзя надеяться на позитивные изменения как в природной среде, так и аксиосфере личности. Коррекция экологической культуры и системы экологических ценностей современных подростков должна осуществляться за счет изменения мировоззренческого взгляда на окружающий мир и своё место в нем, а также усвоения норм экологической этики. Исходя из представления об экологической культуре, считаем, что ценности экологической этики, как её ключевую составляющую, можно представить в

виде системы ценностных ориентаций. Последняя обеспечивает морально-нравственные отношения с окружающей средой, в ходе которых удовлетворение личных потребностей согласуется с интересами природы. Это согласование определяет эколого-этически обоснованную деятельность и поведение личности, направленные на сохранение природной среды для будущих поколений.

Придерживаясь взглядов ученых на содержательную характеристику понятия «ценность», считаем целесообразным в раскрытии сущности ценности экологической этики отметить три ее основных компонента: информационный, мотивационный и морально-нравственный, представляющие собой единое целое. Информационный компонент представляет собой систему эколого-этических знаний, умений и навыков, ориентированных на усвоение единой системы знаний эколого-этического характера. Мотивационный компонент ценностей экологической этики представляет в своей структуре потребности, мотивы, интересы и убеждения, определяющие эколого-этическую обоснованную деятельность. Морально-нравственный компонент предполагает усвоение социально-нравственных норм и принципов через подключение к восприятию знаний о природе эмоционально-чувственной сферы, формирование позитивного взгляда на мир природы и ценностных ориентаций к природной деятельности на основе убеждений [4].

Человека, наделенного экологическими ценностями, отличает умение достигать гармонии не только с внешним, но и со своим внутренним миром. Поэтому сущность эко-этического воспитания школьников в процессе химического образования мы видим в развитии личности как субъекта культуры (интеллектуальной, чувственной, этической) во взаимоотношениях с природой, другими людьми путем рефлексии своего внутреннего мира. С этих позиций смысловое значение экологии и химии не исчерпывается лишь специальными предметными знаниями, а понимается как синтез знаний (естественных,

технических, гуманитарных) и опыта взаимодействия человека с естественной и социальной средой.

Все это определяет переход от информационно-директивной (традиционной) модели формирования экологических ценностей, которая выделяет приоритетом передачу знаний, к гуманистической модели, ориентированной на личностное развитие школьников. В гуманистической модели формирования экологических ценностей :

- природа рассматривается не как объект влияния, а как субъект общения;

- этика ответственности включает не только ответственное отношение к окружающей среде в настоящее время, но и ответственность за состояние окружающей среды и будущих поколений (уважение прав будущих поколений на полноценную окружающую среду);

- условия, в которых осуществляется образовательный процесс, способствуют проявлению личностных качеств, активизации мышления, социальной активности и адаптации (создается гуманистическая образовательная среда – среда для построения собственного «Я» школьника);

- условия, которые определяют экоэтически оправданное поведение, определяются не системой запретов, а основываются на мотивации школьников, определяемой эмоционально-чувственным переживанием природы (мотивация рассматривается как фактор, который способен сделать экологические проблемы личностно значимыми для школьников);

- сбалансировано используются разные каналы передачи информации через включение разных форм учебной деятельности [3, с. 3].

Среди стратегических приоритетов формирования экологических ценностей школьников в процессе химического образования должна быть четкая аксиологическая направленность этого процесса, поскольку смысл взаимоотношений человека и природы можно постигнуть, исходя из проблемы ценностей. Экологические ценности молодого поколения могут формироваться только на основе глубинного, духовно-ценностного

познания сущности природы. В систему ценностных координат, которые обеспечивают экологически оправданное ценностное отношение воспитанников к природе, должны, на наш взгляд, войти такие положения:

- наивысшей и абсолютной ценностью существования является не человек, а природа – творец и оберег жизни, которая сотворила самую развитую его форму – человека;

- природа – это самоценный субъект взаимодействия; целостная, активная, деятельная и вариативная сила существования, которая проявляется в жизнотворчестве, это жизнь во всех ипостасях ее проявления – физических и духовных;

- природа – «колыбель жизни», человек – самый совершенный «ребенок» в ней, наибольшая надежда природы;

- ощущение выразительности природы (любого объекта, явления, существа) является ощущением ценности жизни, уникальности каждой формы ее проявления; лишь поняв ценность жизни и собственную духовно-личностную значимость в этом мире, человек способен понять ценность других форм существования в природе и ценность жизни в целом;

- отношение к природе является отношением к самому себе, ведь не только человек живет в природе, но и природа живет в человеке;

- каждый фрагмент природы, его нормальное существование в целостном биосферном организме является своеобразным гарантом дальнейшей судьбы человеческого рода;

- сохранение природы – это сохранение своей жизни в частности и жизни как непреходящего феномена Вселенной в целом;

- природа имеет исключительную витальную ценность не только благодаря утилитарной ценности, но и широкому спектру других ценностей и порождению соответствующих им моральных норм: сохранение жизни, содействие ее развитию – добро; безразличное, безосновательное уничтожение жизни – зло; наилучший рычаг морального самоконтроля в момент неизбежности уничтожения жизни

– совесть; наилучшее проявление нравственности относительно природы – альтруизм (бескорыстное сочувствие, способность к самоограничению во имя природы, отказ от владения и присвоения абсолютного права на другую жизнь) [2].

Анализируя систему экологических ценностей школьников, которую можно сформировать средствами химического образования, в процессе исследования нами выделены следующие ее аксиологические составляющие:

- собственно экологические ценности: Вселенная, биосфера, природа, жизнь (все ее формы и их многообразие), человек, здоровье, экоцентрическое экологическое сознание, экологическая безопасность;

- личностные качества-ценности: добро, чуткость, гуманность, бережливость, заботливость, рациональность, самоограничение, позитивная индивидуальная экологическая ответственность, творение;

- ценностные приоритеты экологического характера: морально-ценностное отношение к природе и людям, позитивная групповая и общественная экологическая ответственность, экологическая воспитанность, целостность и качество экологизированной жизненной среды человека, здоровый образ жизни, здоровье населения, демографическая сбалансированность, рациональное природопользование, ограничение потребления, экологически чистый производственный цикл, практическое участие в возрождении нарушенного равновесия между человеком и природой, забота о естественных условиях существования будущих поколений.

Таким образом, анализ проблемы формирования экологических ценностей школьников в процессе химического образования в контексте социокультурного развития позволяет констатировать, что усвоение новой системы ценностей во взаимоотношениях с социумом и природой поможет подростку овладеть наукой о жизни в гармонии с природой, самим собой и другими людьми. Глобальный характер духовного и, как следствие, экологического кризиса вывел проблему формирования экологических ценностей

на цивилизационный уровень, тем самым очертив ее приоритетность, ведь речь идет о спасении земной цивилизации коллективными усилиями. Формирование экологических ценностей – это всеобъемлющий процесс, который касается всех аспектов развития личности подрастающего человека через систему его ценностных отношений с природой, социумом, самим собой. О том, что такой подход является необходимым, свидетельствует опыт развитых европейских стран, в которых модернизация общей системы образования осуществляется с позиций приоритета эколого-культурных ценностей.

Комплексный анализ исследуемой проблемы показал, что стремление к поддержанию неразрушимости мира и сохранению универсальных экологических ценностей должно стать высшей потребностью каждого молодого человека. А этот аспект проблемы переходит уже в плоскость педагогики и методики преподавания химии, стратегическими заданиями которых становится поиск условий, методов, методик и форм организации учебно-воспитательного процесса. Последние будут максимально способствовать формированию умений и навыков экологически обоснованной деятельности, укоренению в сознании учеников норм и правил экологического и морального императивов, сознательное следование им, превращение их в систему внутренних императивов каждого человека. Такими заданиями являются: формирование у школьников интереса к вопросам социальной экологии и современных экологических проблем; развитие социально ценностных мотивов отношения личности к природе; раскрытие многосторонней ценности природы; формирование у школьников эколого-этических знаний, соответствующих умений и навыков, обобщенных принципов и моделей поведения и деятельности в природной среде; включение школьников в природоохранную деятельность родного края; побуждение школьников к оцениванию фактов взаимодействия человека и общества с природой, их привлечение к контролю и оценке результатов собственной работы по охране природы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Борейко В.Е. Экологическая этика [краткий курс экологической этики для вузов и старших классов средних общеобразовательных школ] // Гуманитарный экологический журнал. – 2007. – Т. 9 (Вып. 2). – С. 22–51.
2. Вальковская В.В. Ценность природы // Философия и общество. – 1998. – № 6. – С. 103–123.
3. Греханкина Л.Ф. Формирование ценностных ориентаций школьников // Школа. – 2003. – № 4. – С. 2–7.
4. Юсько Т.Н. Содержание ценностей экологической этики в формировании личности старшего школьника / Всероссийское общество охраны природы: Пермское краевое отделение [сайт]. URL: <http://voop-perm.ru/Юсько> (дата обращения: 02.09.2013).

НАШИ АВТОРЫ

Алиева Вафа Гаджи кызы – диссертант Института микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

Бакташева Надежда Мацаковна – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и зоологии Калмыцкого государственного университета (г. Элиста); e-mail: botanika@kalmsu.ru

Бахмани Махмуд – кандидат биологических наук, научный сотрудник Международного института исследования осетровых (г. Решт, Иран); e-mail: Rustelkhan@gmail.com

Бельчева Нина Николаевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Владивосток); e-mail: belcheva@poi.dvo.ru

Гарахани Парвана Хосров кызы – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией Института ботаники Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: a.huseynova@mail.ru

Гармаи Татьяна Петровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка (Украина); e-mail: tania16-01@mail.ru

Герасименко Станислав Викторович – аспирант кафедры фармации Пятигорского медико-фармацевтического института (филиал Волгоградского государственного медицинского университета Министерства здравоохранения Российской Федерации); e-mail: pharmval@mail.ru

Голомиан Сима Раджабали – диссертант Института физиологии им. А.И. Караева Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: Rustelkhan@gmail.com

Голубкина Надежда Александровна – кандидат химических наук, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института селекции и семеноводства овощных культур (Московская область); e-mail: segolubkina@rambler.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

Гусейнова Арзу Юсиф кызы – научный сотрудник Института ботаники Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: a.huseynova@mail.ru

Данова Татьяна Евгеньевна – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры физики атмосферы и климатологии Одесского государственного экологического университета (Украина); e-mail: danova8@mail.ru

Джордахи Айуб Юсифи – кандидат биологических наук, научный сотрудник Международного института исследования осетровых (г. Решт, Иран); e-mail: Rustelkhan@gmail.com

Ефремова Татьяна Алексеевна – аспирант лаборатории гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук (г. Петрозаводск); e-mail: tanyusha_ptz@mail.ru

Зайцев Андрей Иванович – кандидат физико-математических наук, докторант Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, заведующий лабораторией Специального конструкторского бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Южно-Сахалинск); e-mail: aizaytsev@mail.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

Инджеева Людмила Алексеевна – аспирант кафедры ботаники и зоологии Калмыцкого государственного университета (г. Элиста); e-mail: Liudmila.ind@mail.ru

Истомина Александра Анатольевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Владивосток); e-mail: s-istomina1@mail.ru

Капитальчук Иван Петрович – кандидат географических наук, заведующий кафедрой физической географии, природопользования и методики преподавания географии Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко (г. Тирасполь); e-mail: kapitalim@mail.ru

Капитальчук Марина Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и экологии Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко (г. Тирасполь); e-mail: kapitalim@mail.ru

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

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

Кузнецов Константин Игоревич – аспирант Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Южно-Сахалинск), младший научный сотрудник Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, младший научный сотрудник Специального конструкторского бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Южно-Сахалинск); e-mail: konst.kuznetsov@gmail.com

Кулакова Наталья Евгеньевна – инженер-исследователь лаборатории гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук (г. Петрозаводск); e-mail: kulakovanata@mail.ru

Куркин Андрей Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева; e-mail: aakurkin@gmail.com

Ларькова Мария Сергеевна – ассистент кафедры общей и физической географии и охраны природы Московского государственного областного университета; e-mail: larkova.maria@gmail.com

Литвин Яков Александрович – младший научный сотрудник Института химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (г. Москва); e-mail: j.a.litvin@gmail.com

Лозовик Петр Александрович – доктор химических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук (г. Петрозаводск); e-mail: lozovik@nwpi.krc.karelia.ru

Маилова Тамилла Биал кызы – научный сотрудник Института ботаники Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

Максимова Мира Петровна – доктор географических наук, профессор, профессор кафедры экономической и социальной географии Московского государственного областного университета; e-mail: fakul-geo@mgou.ru

Мацук Юлия Михайловна – инженер международного отдела Севастопольского национального технического университета; e-mail: julia.matsuk@gmail.com

Мелик-Гусейнов Валерий Владимирович – доктор биологических наук, профессор кафедры фармации Пятигорского медико-фармацевтического института (филиал Волгоградского государственного медицинского университета Министерства здравоохранения Российской Федерации); e-mail: pharmval@mail.ru

Мурадов Сергей Васильевич – кандидат биологических наук, доцент Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Петропавловск-Камчатский); e-mail: biolab@kscnet.ru

Мусатова Мария Валентиновна – аспирант лаборатории гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук (г. Петрозаводск); e-mail: rincalika21@yandex.ru

Муслимова Зохра Ганифа – младший научный сотрудник Института радиационных проблем Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: zohre-huseynova@rambler.ru

Набиева Парвана Наби кызы – младший научный сотрудник Института ботаники Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: a.huseynova@mail.ru

Пасечник Владимир Васильевич – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры методики преподавания биологии, химии и экологии Московского государственного областного университета; e-mail: vvpasechnik@mail.ru

Пелиновский Ефим Наумович – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры прикладной математики Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, научный сотрудник Специального конструкторского бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Южно-Сахалинск), главный научный сотрудник Института прикладной физики Российской академии наук (г. Нижний Новгород); e-mail: enpeli@mail.ru

Родькина Ирина Станиславовна – гидрохимик лаборатории гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук (г. Петрозаводск); e-mail: lozovik@nwpi.krc.karelia.ru

Роман Сергей Владимирович – кандидат химических наук, доцент, член-корреспондент Международной академии наук педагогического образования (Россия, Москва), доцент кафедры химии и биохимии Луганского национального университета имени Тараса Шевченко (Украина); e-mail: s.v.roman@mail.ru

Рустамов Эльхан Керимович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией Института физиологии им. А.И. Караева Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: Rustelkhan@gmail.com

Сабылина Альбина Васильевна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук (г. Петрозаводск); e-mail: lozovik@nwpi.krc.karelia.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@yandex.ru

Слободскова Валентина Владимировна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Владивосток); e-mail: slobodskova@poi.dvo.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 имени М.В. Ломоносова; e-mail: tverdislov@mail.ru

Хлебосолова Ольга Анатольевна – доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры общей и физической географии и охраны природы Московского государственного областного университета; e-mail: o.hlebosolova@mail.ru

Челомин Виктор Павлович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Владивосток); e-mail: chelomin@poi.dvo.ru

Шешницан Сергей Сергеевич – аспирант кафедры физической географии, природопользования и методики преподавания географии Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко; e-mail: sheshnitsan@gmail.com

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