Вестник

Московского государственного областного университета

Серия **Естественные науки**

№5 / 2012

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЯ

Ахундов А.Г., Агаев Т.М., Рустамов Э.К. Гепатические нарушения у рыб, выловленных в реках Нахичеванской автономной республики 5
Гаджиева Н.Ш., Мамедов Г.М., Эюбов Б.Б., Мамедова Ф.Р., Гахраманова Ф.Х., Джабраилзаде С.М. Патогенные грибы, обитающие на растениях, культурно возделываемых в условиях Азербайджана 9
Иванов А.Л., Ковалёва О.А. Биоморфологический анализ флоры петрофитов Российского Кавказа ... 12
Керимов З.М., Абилова А.Л., Юсифова А.А., Мурадов П.З., Султанова Н.Г. Выбор метода для изучения микробного состава нефтезагрязненных почв Апшерона 19
Колотилова Н.Н. Выдающийся микробиолог и почвовед Александр Федорович Лебедев (к 130-летию со дня рождения) 23
Колотилова Н.Н. Из истории экологии микроорганизмов: знаменательные даты 2012 г. 25
Кузнецова С.А., Климачев Д.А., Старикова В.Т. Изменение содержания пролина в условиях хлоридного засоления и обработки фитогормонами 28
Куксова М.А., Харченко Т.А. Антропогенная трансформация флоры линейных объектов нефтегазового комплекса Ставропольского края 34
Мартынов В.В., Дорохов Д.Б. Идентификация и характеристика гена MIPS1 у растений рода *Glycine* 38

РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ

Кострюкова Т.С., Гончарова О.А., Березин М.Б., Березина Н.М., Семейкин А.С., Васильев Н.В. Спектральное изучение комплексообразования метилзамещенных дипирролилметенов платиной и палладием 43
Макаренков Д.А., Назаров В.И. Роль связующих, технологических добавок и процесса механоактивации при получении целевых продуктов на основе отходов 49
Марданова С.Р. Бис –(2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидин как реагент для фотометрического определения германия 59
Петренко Д.Б., Торопченова Е.С., Корсакова Н.В., Сычкова В.А., Кригман Л.В., Радугина О.Г. Определение редкоземельных элементов в стандартном образце состава дорожной пыли BCR-723 методом масс-спектрометрии с ионизацией в индуктивно-связанной плазме 64

РАЗДЕЛ III. ГЕОГРАФИЯ. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Брюхань А.Ф. Геоэкологическое обобщение результатов инженерно-экологических изысканий для строительства тепловых электростанций 70
Виноградов А.Ю. Некоторые результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий на месторождении «Клен» 78
Гуртяк А.А. К вопросу оценки состояния среды урбанизированных территорий с использованием коэффициента флуктуирующей асимметрии 85
Диденкулова И.И., Пелиновский Д.Е., Тюгин Д.Ю., Гиниятуллин А.Р., Пелиновский Е.Н. Бегущие длинные волны в водных прямоугольных каналах переменного сечения 89
Лебедев В.В. Радиационное загрязнение территории золотосеребряного месторождения «Клен» 94
Розанов Л.Л. Концептуальная основа динамической геоэкологии 98

НАШИ АВТОРЫ 106

CONTENTS

SECTION I. BIOLOGY

A. Akhundov, T. Agayev, E. Rustamov. Hepatic disorders in fish caught in the rivers of Nakhichevan Autonomous Republic 5
H. Haciyeva, G. Mammadov, B. Eyubov, F. Mammadova, F. Gahramanova, S. Jabrayilzade. Pathogenic fungi living on plants cultivated in Azerbaijan 9
A. Ivanov, O. Kovaleva. Biomorphological analysis of petrophyt flora of the Russian Caucasus 12
Z. Kerimov, A. Abilova, A. Yusifova, P. Muradov, N. Sultanova. Choice of the method for studying the microbial structure of oil-contaminated soils of Absheron 19
N. Kolotilova. The eminent microbiologist and pedologist Alexandre Fedorovich Lebedev (on the 130th anniversary) 23
N. Kolotilova. On the history of microbial ecology: jubilee dates of 2012 25
S. Kuznetsova, D. Klimachev, V. Starikova. Change in proline content under conditions of chloride salinity and processing by phytohormones 28
M. Kuksova, T. Kharchenko. Anthropogenic transformation of flora of linear objects of an oil and gas complex on the Stavropol terrirory 34
V. Martynov, D. Dorokhov. Identification and characterization of mips1 gene in the genus *glycine* 38

SECTION II. CHEMISTRY

T. Kostryukova, O. Goncharova, N. Berezina, M. Berezin, A. Semeikin, N. Vasilev. Spectral investigation of complexation of methylsubstituted dipirrolilmethene with platinum and palladium 43
D. Makarenkov, V. Nazarov. Influence of binding agents, technological additives and crushing procesess on production of target products from waste 49
S. Mardanova. Bis-(2,3,4-trigidroksifenilazo)-benzidine as a reagent for the photometric determination of germanium 59
D. Petrenko, E. Toropchenova, N. Korsakova, V. Sychkova, L. Krigman, O. Radugina. Determination of rare-earth elements in a certified road dust sample (BCR-723) by inductively coupled plasma mass spectrometry 64

SECTION III. GEOGRAPHY

A. Bryukhan. Geoecological generalization of the results of engineering and environmental survey for the construction of thermal power plants 70
A. Vinogradov. Some results of meteorological and hydrological engineering surveys on the Klyon deposit territory 78
A. Gurtyak. On environmental assessment of urban areas using the fluctuating asymmetry coefficient 85
I. Didenkulova, D. Pelinovsky, D. Tyugin, A. Giniyatullin, E. Pelinovsky. Travelling long waves in water rectangular channels of variable cross section 89
V. Lebedev. Radiation contamination of the Klyon gold – silver deposit 94
L. Rozanov. Conceptual basis of dynamic geoecology 98

OUR AUTHORS 106

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЯ

УДК 597:504.4.054

Ахундов А.Г.[1], Агаев Т.М.[2], Рустамов Э.К.[2]
[1]Нахичеванский государственный университет (Азербайджан)
[2]Институт физиологии им. А.И. Караева НАН Азербайджана (г. Баку)

ГЕПАТИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ У РЫБ, ВЫЛОВЛЕННЫХ В РЕКАХ НАХИЧЕВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ

A. Akhundov[1], T. Agayev[2], E. Rustamov[2]
[1]Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan
[2]A.I. Karaev Institute of Physiology, National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

HEPATIC DISORDERS IN FISH CAUGHT IN THE RIVERS OF NAKHICHEVAN AUTONOMOUS REPUBLIC

Аннотация. В работе исследовалось гистопатологическое состояние печёночной ткани у двух видов рыб – сазана и серебряного карася, обитающих в реках Араз (Аракс) и Арпачай. Всего выловлено 26 особей: из р. Араз – 14 особей, из них 8 сазанов и 6 карасей, а из р. Арпачай – 12 особей, по 6 каждого вида. Гистологическое изучение срезов проводили после окрашивания их гематоксилин-эозином. Состояние печёночной ткани рыб, выловленных в р. Араз в целом соответствовало норме. Вместе с тем были отмечены следующие изменения – у сазанов отмечается накопление в гепатоцитах крахмала, застой крови в небольших сосудах (стагнация), у карася также отмечается накопление крахмала и стагнация и в одном случае – фибросис жёлчного канала. У рыб, выловленных из реки Арпачай: у сазана отмечаются незначительные явления застоя в кровеносных сосудах, наличие единичных мелано-макрофаговых центров и выпадение гемосидерина, накопление крахмала, некроз отдельных клеток или их групп, у карася – пикноз ядра и гидропическая вакуолизация, нарушение трабекулярной организации, ацентрическое расположение ядра, стагнация, умеренная гипертрофия гепатоцитов и накопление крахмала.

Ключевые слова: гистопатология, печень, рыбы, Нахичевань, реки.

Abstract. We have investigated the histopathological state of the liver tissue in two species of fish – carp and goldfish caught in rivers Araz (Araks) and Arpachay. The total catch included 26 fish: 14 from the Araz river (8 crucian carp and 6 goldfish) and 12 from the Arpachay river (6 fish of each species). Histological examination was carried out after staining the sections with haematoxylin and eosin. The state of the liver tissue of the fish caught in the Araz river was generally in line with the norm. At the same time, we have observed the following changes: studies of crucian carp show accumulation of starch in hepatocytes and congestion of blood in small blood vessels (stagnation), whereas the studies of goldfish indicate accumulation of starch as well as fibrosis of gallbladder channel (one case). In the fish caught from the Arpachay river we have observed the following: crucian carp are characterized by general stagnation in the small blood vessels (stagnation), the presence of single melanoma–macrophage centers and hemosiderin deposition, starch accumulation, necrosis of individual cells or groups of cells, whereas goldfish are characterized by pyknosis of nuclei and hydropic vacuolization, impaired trabecular organization, acentric location of the nucleus, stagnation, moderate hypertrophy of hepatocytes and starch accumulation.

Key words: histopathology, liver, fish, Nakhchivan, rivers.

© Ахундов А.Г., Агаев Т.М., Рустамов Э.К., 2012.

Основными водными артериями Нахичеванской Автономной Республики (НАР) являются реки Араз (Аракс) и Арпачай. С интенсивным развитием края в последнее время (увеличением площадей сельскохозяйственных угодий, ростом объёма строительных работ) наблюдается аккумуляция в этих реках различного рода загрязнителей (дренажные воды, муниципальные и индустриальные сточные воды). Все перечисленные выбросы, безусловно, влияют на гидрохимический, газовый, трофический (распределение и количество кормовых организмов) и прочие режимы рек. Отметим, что даже незначительное изменение в химическом составе воды, а также в донных отложениях, приводит к существенным изменениям в функционировании различных систем и органов у организмов, проживающих в водной среде [2; 4; 6; 7]. Как следствие, отмечается уменьшение, а порою и исчезновение некоторых популяций рыб и потеря коммерческой ценности остальных популяций. В связи с малоизученностью физиологического состояния рыб, населяющих реки Араз и Арпачай, была предпринята попытка исследования физиологического состояния двух видов рыб – сазана и серебряного карася. Состояние рыб определялось по характеру изменений, имеющих место в организации биомаркерных органов [1; 3] – в настоящей работе таким органом была выбрана печень (печёночная ткань).

Материал и методика

Исследовалась печёночная ткань сазана (Cyprinus carpio L.) и серебряного карася (Carrassius auratus L.), выловленных в реках Араз и Арпачай, протекающих на территории НАР. Всего было выловлено 26 особей рыб. 14 особей из реки Араз – 8 сазанов и 6 карасей, а из реки Арпачай – 12 рыб, по 6 каждого вида. Все пойманные рыбы были половозрелого возраста. Печёночная ткань рыб непосредственно после вылова фиксировалась в 4% забуфферированном нейтральном формалине. Образцы ткани печени брались из её центральной части. Зафиксированные ткани затем подвергались общепринятой процедуре обработки и окраски. Ткань промывалась от формалина, проводилась через восходящий ряд спиртов, обезвоживалась и заливалась в парафин. После приготовления блоков образцы резались на роторном микротоме «Leyca 2245» толщиной 7 мкм. Срезы после депарафинирования окрашивались гематоксилин-эозином и заключались в канадский бальзам. Гистологические препараты изучались в проходящем свете на микроскопе NU-2 (Karl Zeiss, Jena). Фотографирование срезов проводилось цифровой фотокамерой Canon G-9.

Результаты

Печёночная ткань у всех рыб, выловленных из реки Араз (14 особей), в целом гистологически соответствовала нормальному строению: чётко выраженные гепатоциты с центрально расположенными ядрами с ядрышком (хотя иногда встречались и двуядерные клетки), паренхима имела трабекулярную организацию, просветы сосудов были чистые (т. е. без форменных элементов крови). Наряду с этим в печёночной ткани сазанов (8 особей) были обнаружены следующие изменения: относительно часто встречающееся накопление в гепатоцитах крахмала в разном количестве (у 4 особей), застой крови (стагнация) (рис. 1) в небольших сосудах, в просвете сосудов отмены форменные элементы крови (у 3 особей) и наличие в цитоплазме небольших вакуолей (рис. 2, у 1 особи). У серебряного карася (у 6 особей), так же как и у сазанов, было отмечено накопление в гепатоцитах крахмала (у 3 особей), стагнация крови в мелких сосудах (у 2 особей), а также был отмечен факт фибросиса жёлчного канала (рис. 3, у 1 особи).

Изучение печёночной ткани у рыб, выловленных из реки Арпачай, показало: у сазанов (6 особей) наличие незначительного застоя крови в кровеносных сосудах (4 особи), присутствие в гепатоцитах единичных мелано-макрофаговых центров (рис. 4, 2 особи), выпадение гемосидерина (рис. 4, 1 особь), на-

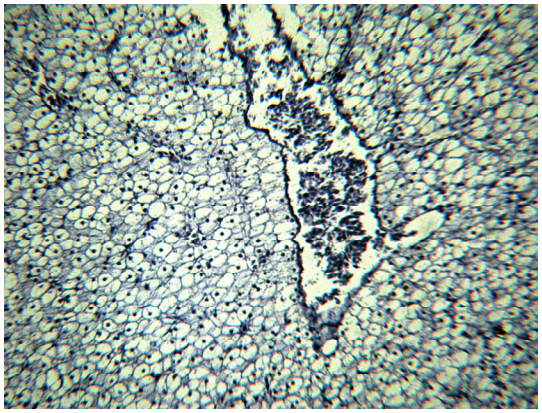


Рис. 1. Застой крови в сосудах (ув. ×125)

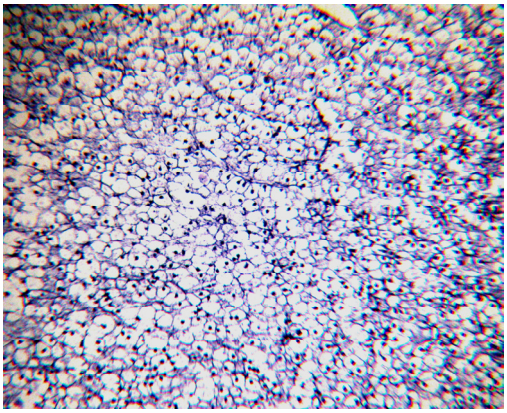


Рис. 2. Вакуолизация цитоплазмы (ув.×125)

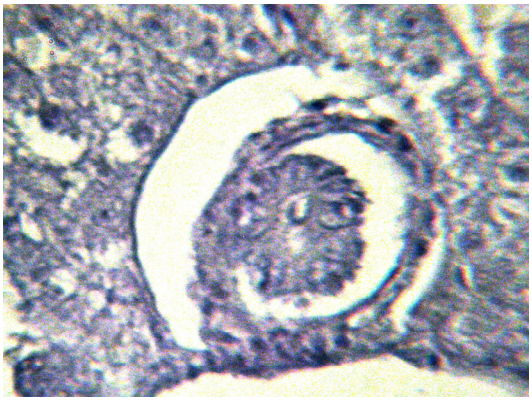


Рис. 3. Фибросис (ув. х 312,5)

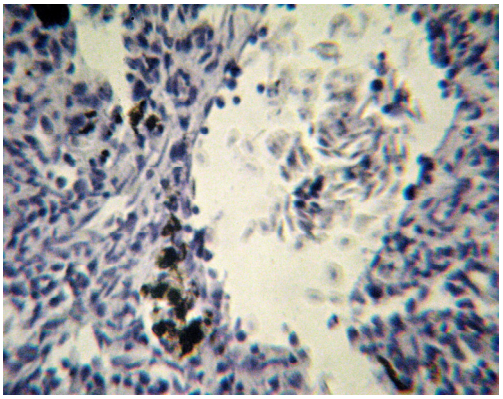


Рис. 4. Мелано-макрофаговый центр и выпадение гемосидерина (ув.×312,5)

копление крахмала (3 особи) и некроз отдельных гепатоцитов (у 1 особи). У серебряного карася (6 особей) наблюдалась следующая картина: накопление крахмала в гепатоцитах (2 особи), нарушение трабекулярной организации (1 особь), гидропическая вакуолизация и соответственно ацентрическре расположение ядра (2 особи), пикноз (сморщивание ядра) (1 особь), расширение синусов (1 особь), умеренная гипертрофия гепатоцитов (1 особь), а также некроз как отдельных клеток, так и их групп (1 особь).

Следует отметить, что большинство отмеченных патологий носили единичный характер или имели слабовыраженную форму. Большинство описанных сдвигов могли встречаться одновременно у одной особи или вообще не встречаться у отдельных особей.

Обсуждение

Исследование печёночной ткани рыб из двух рек НАР показало, что хотя в целом их состояние можно рассматривать как соответствующее нормальному, тем не менее был отмечен и ряд отклонений от нормы. Стоит отметить, что хоть и незначительно, но число отклонений от нормы у рыб, выловленных в р. Арпачай несколько превосходит таковой у рыб, выловленных в р. Араз.

Отклонения в строении печёночной ткани отмечены и у иных видов рыб, выловленных из естественных условий других акваторий. Так, у камбалы (Platihthes flesus), выловленной у побережья Дании, в печёночной ткани отмечались, как и в нашем случае, слабовыраженные сдвиги [9]. К таким отклонениям

были отнесены гидропическая вакуолизация гепатоцитов, локальные некрозы. Кроме того, были выявлены факты наличия вакуолей как жировой, так и гликогенной природы. У окуня (Perca fluviatilus) и плотвы (Rutilus rutilus), выловленных в р. Нарва (северо-восточная Эстония) [8], при исследовании печёночной ткани, как и у сазана и серебряного карася, были отмечены гипертрофия гепатоцитов, гидропическая вакуолизация, некротические изменения клетки печени. Исследованные рыбы, как и выловленные из рек НАР, также были половозрелого возраста. Интересно отметить, что при изучении дегенеративных изменений в печеночных клетках у 8 видов камбаловых рыб, пойманных у атлантического побережья США (в районе г.Вашингтон) у большинства особей наиболее часто встречающейся патологией была гидропическая вакуолизация [5]. В наших исследованиях данный вид нарушения был отмечен только в двух случаях и только у рыб, выловленных в р. Арпачай.

Таким образом, как следует из собственных и вышеприведённых литературных данных, характер приведённых нарушений у рыб, выловленных из природных условий, зависит не от одного какого-либо фактора, а является результатом кумулятивного эффекта всех действующих ксенобиотиков. По степени тяжести описанные нарушения у нами выловленных рыб можно рассматривать как слабые и, соответственно, обратимые, т. е. при соблюдении чистоты речных вод указанные нарушения могут в перспективе свестись на очень незначительный уровень.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Au D.W.T. The application of histo-cytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: a review // Marine Pollution Bulletin. – 2004. – V. 48. – P. 814-834.
2. Belicheva L.A., Sharova J.N. Assessment of fish health statusunder long-term water pollution: vygozero reservoir, north-west Russia // Environment. Technology Resources. Proc. 8th Internat. 2 Sci. Pract. Conf. – 2011. – V. II. – P. 368-373.
3. Bernet D. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution / D.Bernet, H.Schmidt, W.Meier et al. // J.Fish Dis. –1999. – V. 22. – P. 26-34.
4. Camargo M.M.P., Martinez C.B.R. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream // Neotropical Ichthyology. – 2007. – V. 56 (№ 3). – P. 327-336.
5. Myers M.S. Hepatic lesions other than neoplasms in subadult flatfish from Puget sound, Washington: Relationships with indices of contaminant exposure / M.S.Myers, O.P.Olson, L.L.Johnson L.L. et al. // Marine Environmental Research. – 1992. – V. 34. – P. 45-51.
6. Pacheco M., Santos M.A. Biotransformation, genotoxic and histopathological effects of environmental contaminants in European eel (Anguilla Anguilla L.) // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2002. – V. 53 (№ 3). – P. 331-347.
7. Stehr C.M. Chemical contamination and associated liver diseases in two species of fish from San Francisco Bay and Bodega Bay / C.M.Stehr, M.S.Myers, D.G.Burrows et al. // Ecotoxicology. –1997. – V. 6. – P. 35-65.
8. Tuvikene A. Oil shale processing as a source of aquatic pollution: monitoring of the biologic effects in cage and feral freshwater fish / A.Tuvikene, S.Huuskonen, K.Koponen et al. // Environmental Heath perspectives. – 1999. – V. 107 (№ 9). – P. 745-752.
9. Vethaak A.D., Wester P.W. Diseases of flounder Platichthys flesus in Dutch coastal and estuarine waters, with particular reference to environmental stress factors. II. Liver histopathology // Diseases of Aquatic Organisms (DAO). – 1996. – V. 26 (№ 2). – P. 99-116.

УДК 582.28

Гаджиева Н.Ш.[1], Мамедов Г.М.[1], Эюбов Б.Б.[2], Мамедова Ф.Р.[1], Гахраманова Ф.Х.[1], Джабраилзаде С.М.[3]

[1]Институт микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку)
[2]Научно-исследовательский институт овощеводства Азербайджана (г. Баку)
[3]Азербайджанский педагогический университет (г. Баку)

ПАТОГЕННЫЕ ГРИБЫ, ОБИТАЮЩИЕ НА РАСТЕНИЯХ, КУЛЬТУРНО ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА

H. Haciyeva[1], G. Mammadov[1], B. Eyubov[2], F. Mammadova[1], F. Gahramanova[1], S. Jabrayilzade[3]

[1]Institute of Microbiology of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
[2]Azerbaijan Scientific-Research Institute of Vegetable Growing, Baku, Azerbaijan
[3]Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

PATHOGENIC FUNGI LIVING ON PLANTS CULTIVATED IN AZERBAIJAN

Аннотация. Приведены результаты изучения патогенной микобиоты травянистых растений, культурно возделываемых в условиях Азербайджана. Показано, что у 37 видах растений обнаружено 105 видов патогенных грибов. Среди обнаруженных грибов имеются такие виды, как Alternaria alternata, Ascochyta pisi, Botrytis cinerea, Fuzarium moniliforme, F. oxysporium, Penicillium cuclopium, Sclerotina libertiana, Septoria lucopersici, Vertisillium dahliae и др., которые входят в доминантное ядро микобиоты исследованных растений и вызывают различные болезни, в динамике некоторых (фузариоз, мучнистая роса) из них прослеживается прогрессия.

Ключевые слова: травянистые культуры, патогенная микобиота, доминантные виды, болезни.

Abstract. We present the results of a research of the pathogenic mycobiota of herbaceous plants cultivated in Azerbaijan. It is shown that 37 plant species are infested by 105 species of fungi. Among the identified fungi are such species as Alternaria alternata, Ascochyta pisi, Botrytis cinerea, Fuzarium moniliforme, F. oxysporium, Penicillium cuclopium, Sclerotina libertiana, Septoria lucopersici, Vertisillium dahliae, etc., which are part of the dominant core of mycobiota of the investigated plants and cause of various diseases. The dynamics of some of them (fusarium, powdery mildew) is characterized by progression.

Key words: herbaceous plants, pathogenic mycobiota, dominant species, diseases.

Природные условия Азербайджанской Республики чрезвычайно разнообразны и издавна привлекают внимание исследователей своей богатой флорой и фауной. Так, на сравнительно небольшой территории имеются почти все элементы рельефа [4]. Известно, что во флору Азербайджана входят около 4500 видов растений, среди которых немало видов, имеющих лекарственное, кормовое, пищевое значения [12]. Кроме того, в настоящее время флора является одним из основных источников, обеспечивающих население мира жизненно важными материалами, в том числе сельхозпродукцией, которая в Азербайджане возделывается на всех территориях [6]. Одной из причин, препятствующих возделыванию различных культур, являются болезни, вызываемые микроорганизмами, в первую очередь грибами, из-за которых ежегодная потеря урожая составляет не менее чем 10% [3]. Чтобы предотвратить эти потери, необходимо детальное изучение патогенной микобиоты возделываемых растений. Так, без необходимой информации невозможно, с одной стороны, научно обосновать необходимость защитных мероприятий, с другой, получить материалы селекционной работы для создания устойчивых сортов.

© Гаджиева Н.Ш., Мамедов Г.М., Эюбов Б.Б., Мамедова Ф.Р., Гахраманова Ф.Х., Джабраилзаде С.М., 2012.

В настоящее время в Азербайджане культурно возделываются около 50 видов растений [6], среди которых преобладают такие, как томат, картофель, огурец, капуста, дыня, перец, тыква, фасоль, арбуз, баклажан, морковь, различная зелень, зерновые культуры и др. Надо отметить, что среди окультуренных растений немало видов, которые имеют лекарственное значение и давно используются в народной медицине. Материалом исследования служили различные культуры, которые традиционно возделывались в Азербайджане. Материалы собраны на территориях Ленкорань-Астаринского (в основном Масаллинский район) региона и Апшеронского полуострова. В ходе исследований, проведенных в 2008-2012 гг., из различных растений были собраны и проанализированы более 500 образцов. Взятие образцов, выделение грибов в чистую культуру проводили согласно методу, используемому в микологии [5]. Идентификацию грибов проводили по определителю [7-11; 13; 14], который составлен по культурально-морфологическим и физиологическим признакам грибов.

В результате изучения микобиоты 37 видов травянистых растений, которые культурно возделываются в условиях Азербайджана, выявлено 105 видов грибов, среди которых преобладают анаморфные грибы родов Alternaria (A.alternata, A.brassicae, A.cherizanthi, A.radicina, A. solani), Ascochyta (A.anethicola, A.betae, A.brassicae, A.brassicae-rapae, A.capsici, A.cucumeris, A.lycopersici, A.pisi, A.phaseolorum A.sojikota), Aspergillus(A. flavus, A.fumigatus, A.niger, A.ochraceus и A.versicolor), Fuzarium (F.avenaceum, F.bulbiqenium, F.gibbosum, F.moniliforme, F.oxysporum, F.sambucinum, F.semitectum, F.solani и F. tabacinum), Penicillium(P.chrysogenum, P.cuclopium, P.expansum, P.griseolum, P.hirsutum, P.jaczevski, P.martensii, P.notatum, P.olivaseum, P.puberulum, P.sartorii), Botrytis (B.cinerea), Trichoderma (T.harzianum, T.viride, T.konigi), Septoria(S.cucurbitacearum, S.lucopersici, S.flagellifera, S.glycines, S.sojina, S.woronichini, S.pisi, S.melongenae), Cladosporium (C.gossypii, C.transchelii, C.herbarum), Colletotrichum (C.atramentarium, C.trungatum, C.savulescui, C.krugerianum, C.higginsianum, C.orbiculare, C.tabacum, C.pisi), Verticellium(V. dahliae, V. lycopersici V.nigrescens V. pulverulentum) и др. Аналогичная картина, т. е. преобладание анаморфных грибов, наблюдалось и в микобиоте отдельных растений, среди которых самой богатой по видовому составу оказалась микобиота томата (38 видов). Фенхель являлся неблагоприятным для обитания грибов, так как на этих растениях в ходе исследований обнаружено всего 12 видов микобиоты.

Устойчивость возделываемых растений является фактором, оказывающим влияние на динамику популяций фитопатогенных грибов, хотя реакция различных видов растений на развитие болезней во многом обусловлена конкретными условиями (агрометеорологическими, экологическими и др.) [3]. Наибольшее количество микромицетов вызывают различные болезни исследованных растений. Значительные количество микромицетов обнаружены на прошлогодних отмерших органах (стебли, листья, корни) растений. Среди них есть как сапротрофные микромицеты, так и патогенные виды. В ходе исследований обнаружено всего 105 видов грибов, хотя по нашим и литературным данным, установлено, что из них около 70 видов (грибы родов: Alternaria- 4 вида, Ascochyta – 5 видов, Aspergillius – 2 вида, Ceratocystis- 1 вид, Colletotrichum – 7 видов, Botrytis – 1 вид, Fuzarium- 7 видов, Monilia – 1 вид, Penicillium – 2 вида, Phoma -3 вида, Peronospora – 3 вида, Phylosticta- 5 видов, Puccina – 3 вида, Sclerotina – 2 вида, Septoria- 5 видов, Uromyces -2 вида, Verticellium- 4 вида и др.) являются фитопатогенными и способны вызывать различные болезни (некрозы, фузариоз, пятнистости, мучнистая роса, ложная мучнистая роса, ржавчина, белая гниль, серая гниль, увядание). Но их эпифитотия в ходе исследований не наблюдалась.

В ходе исследования установлена органотропная специализация микромицетов, которая заключалась в том, что в филлоплане травянистых растений обнаруживаются 69

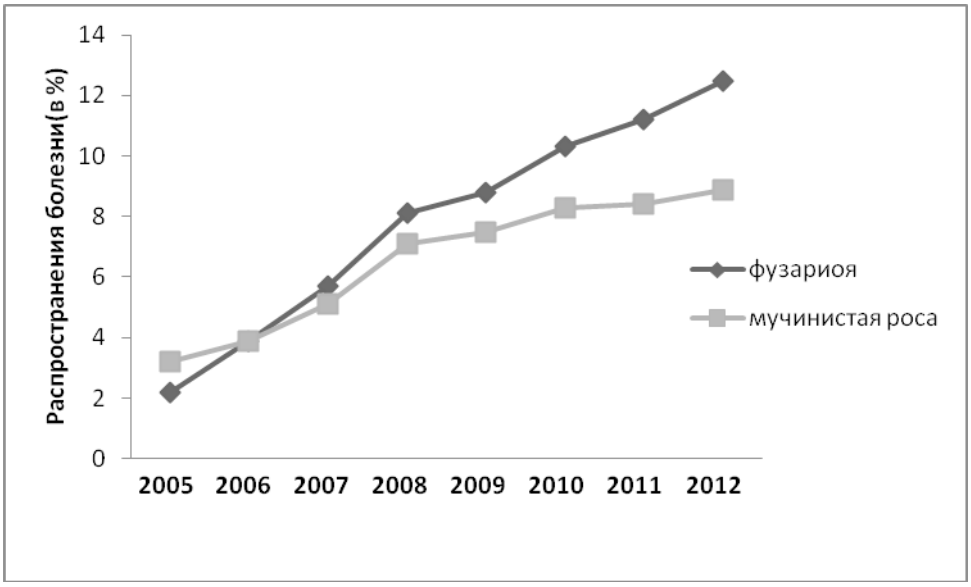


Рис. Развития фузариоза (на примере томата) и мучнистой роса (тыква) на культурно возделываемых растениях в условиях Азербайджана в период с 2005 по 2012 гг.

видов, подавляющее большинство которых принадлежат также анаморфным грибам класса Hyphomycetes (41) и Coelomycetes (28). На стеблях обнаружены 28 видов грибов, среди которых были возбудители усыхания и увядания растений, сухой гнили корневища, плесневения и других опасных заболеваний. На генеративных органах растений обнаружены 21 вид этих грибов. Обнаружено, что развитие некоторых болезней, особенно фузариоза, носит прогрессивный характер и в период с 2005 по 2012 гг. распространение фузариоза увеличивалось в 5,6 раз, а мучнистой росы – в 2,8 раза (см. рис.).

Как правило, при разработке биологического метода борьбы против болезней, вызываемых грибами, первостепенное значение имеет поиск популяций микроорганизмов, в том числе грибов, ограничивающих развитие фитопатогенов. Такими свойствами характеризуются грибы рода Trichoderma, которые являются космополитом и встречаются во всех типах почвы [1; 2]. Однако в ходе наших исследований обнаружено всего 3 вида данного рода, которые по частоте встречаемости относятся к случайным видам, что также вызывает тревогу по поводу необходимости принятия профилактических мер для улучшения фитосанитарного состояния почвы, где культурно возделываются растения разного, в основном пищевого назначения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Александрова А.А.,Великанов Л.Л., Сидорова И.И. Исторический обзор и современная система рода Trichoderma (Eumycota, Deuteromycotina, Hyphomycetes) // Микология и фитопатология. – 2004. – Т. 38. – Вып. 1. – С. 1-99.
2. Алимова Ф.К. Некоторые вопросы применения препаратов на основе грибов рода Trichoderma в сельском хозяйстве // АгроXXI. – 2006. – № 4-6. – С. 18-21.
3. Болезни сельскохозяйственных культур / Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения [сайт]. URL: http://www.agroatlas.ru/diseases (дата обращения: 01.11.2012 г.)
4. Дамиров И.А. Лекарственные растения Азербайджана / И.А. Дамиров, Л.И. Прилипко, Д.З. Шукюров и др. – Баку: Маариф, 1988. – 319 с.
5. Методы экспериментальной микологии / под. ред. В.И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1982. – 500 с.
6. Национальная энциклопедия Азербайджана: в 25 т. Специальный том «Азербайджан». – Баку: Шярг-Гярб, 2007. – 884 с.

7. Палеева Т.В. Определитель болезней и вредителей растений. – М.: Эксмо, 2004. – 192 с.
8. Хохряков М.К., Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений. – СПб.: Лань, 2003. – 592 с.
9. Booth C. The genus Fuzarium.Common.Mycol. Inst. – Kew, 1971. – 608 p.
10. Databases / CBS-KNAW. Fungal Biodiversity Centre [сайт]. URL: http://www.cbs.knaw.nl/databases (дата обращения: 01.11.2012 Г.)
11. Ellis M.B. Dematiaceous Hyphomycetes. C.M.J.: Kew, 1971. – 608 p.
12. Forests of the Republic of Azerbaijan / Ministry of Ecology and Natural Resources of Azerbaijan Republic [сайт]. URL: http://www.eco.gov.az/en/m-meshe.php (дата обращения: 01.11.2012 г.)
13. Fungal Databases. Nomenclature and Species Banks / MycoBank. International Mycological Association [сайт]. URL: http://www.mycobank.org/MycoTaxo.aspx (дата обращения 01.11.2012 г.)
14. Klich M.A. Identification of common Aspergillus species. – Utrecht: CBS, 2002. – 116 p.

УДК 581.412

Иванов А.Л., Ковалёва О.А.
Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь)

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФЛОРЫ ПЕТРОФИТОВ РОССИЙСКОГО КАВКАЗА

A. Ivanov, O. Kovaleva
North Caucasus Federal University, Stavropol

BIOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF PETROPHYT FLORA OF THE RUSSIAN CAUCASUS

Аннотация. В статье приводятся сведения о составе биоморф петрофильной флоры территории Российского Кавказа, анализируется биоморфологический спектр флоры, даётся характеристика и соотношение жизненных форм, а также дополнительные биоморфологические данные. Анализируется распределение биоморф по растительным высотным поясам в абсолютных цифрах, в процентном и пропорциональном отношениях. Делается вывод об абсолютном преобладании гемикриптофитов во всех растительных поясах, особенно в субальпийском, и об увеличении процентного содержания этой биоморфы при изменении градиента высоты от низкогорий к высокогорьям.

Ключевые слова: биоморфа, фанерофит, хамефит, гемикриптофит, криптофит, терофит, пропорции, высотный растительный пояс.

Abstract. We report the data on the biomorhological structure of petrophit flora on the territory of the Russian Caucasus and analyze the biomorphological range of flora. The characteristics and ratio of vital forms, as well as additional biomorphological data are also presented. The distribution of biomorphological forms on vegetative high-rise belts is analyzed in absolute figures, in percentage and proportional relations. We draw a conclusion about absolute prevalence of hemicryptophytes in all vegetative belts, especially in subalpine, and about an increase in percentage of this biomorphological form with changing the gradient of height from lowlands to highlands.

Key words: biomorphological form, phanerophyta, chamephyta, hemicryptophyta, cryptophyta, therophyta, proportions, high-rise vegetative belt.

Петрофиты издавна привлекали внимание исследователей и представляют интерес для изучения не только состава и генезиса петрофильной флоры, но и биологических параметров слагающих флору видов, обитающих в экстремальных условиях среды. Одним из таких параметров является биоморфологический, характеризующий степень приспособленности биоморф

© Иванов А.Л., Ковалёва О.А., 2012.

к обитанию на различного рода каменистых субстратах. Условия местообитаний петрофитов определяют облик растительных группировок, населяющих скалы, осыпи и другие каменистые образования, образующих, как правило, низкорослый несомкнутый растительный покров, за исключением тех случаев, когда в образовании таких группировок участвуют деревья и кустарники, которые могут формировать леса на скалистых склонах, в основном из *Pinus sosnowskyi*, и фрагменты зарослей. Например, в аридных условиях на каменистых осыпях такие заросли формирует *Juniperus sabina*, а также колючие астрагалы (*Tragacantha aurea, T. denudata* и др.).

Формирование петрофильных флористических комплексов зависит от физико-географических условий в той или иной местности, и в первую очередь от характера субстрата, в связи с чем пропорции в биоморфологическом спектре должны быть смещены в сторону наиболее приспособленной для обитания на каменистых субстратах биоморфы. Во флоре петрофитов Российского Кавказа насчитывается 958 видов, из которых 755 являются облигатными, обитающими на скалах, осыпях, россыпях, моренах, галечниках. Среди них выделено пять биоморф по классификации К. Раункиера [11].

Фанерофиты (Phanerophyta - Ph) – деревья и кустарники, почки возобновления которых находятся выше среднего уровня снежного покрова (15 см - 30 м и выше). Среди фанерофитов существует внутреннее подразделение по признаку высоты нахождения верхних почек возобновления:

– мегафанерофиты (Megaphanerophyta - Phmg) – почки возобновления находятся на высоте более 30 м;

– мезофанерофиты (Mesophanerophyta - Phms) – от 8 до 30 м;

– микрофанерофиты (Microphanerophyta - Phm) – от 2 до 8 м;

– нанофанерофиты (Nanophanerophyta - Phn) – от 0,15 до 2 м.

Хамефиты (Chamaephyta - Ch) – растения, у которых почки возобновления расположены выше уровня субстрата и обычно зимой находятся ниже уровня снежного покрова. К ним относятся кустарнички и полукустарники, растения-подушки.

Гемикриптофиты (Hemicryptophyta - HK) – травянистые растения, почки возобновления которых находятся на уровне субстрата. К ним относятся розеткообразующие травы, двулетники, озимые однолетники, дерновинообразующие и короткокорневищные травы.

Криптофиты (Cryptophyta - K) – травянистые растения, почки возобновления которых лежат более или менее глубоко ниже уровня субстрата. Это луковичные, корневищные, клубневые или корнеотпрысковые растения.

Терофиты (Therophyta - T) – однолетние растения, не имеющие почек возобновления и переносящие неблагоприятные условия в виде семян.

Биоморфологический спектр петрофитов флоры Российского Кавказа представлен в табл. 1.

Как следует из приведенного спектра, он доминантно сдвинут в сторону гемикриптофитов, а соотношение биоморф может быть выражено следующей пропорцией: 1,00**HK** **:** 0,10**Ch** **:** 0,08**Ph** **:** 0,06**T** **:** 0,04**K**. Исследуемая флора почти на три четверти представлена гемикриптофитами, насчитывающими

Таблица 1

Биоморфологический спектр флоры петрофитов Российского Кавказа

БИОМОРФА	Phmg	Phms	Phm	Phn	Ch	HK	K	T
Кол-во видов	5	11	8	61	98	692	40	43
% от общ. числа	0,5	1,1	0,8	6,4	10,2	72,2	4,2	4,5

692 вида (72,2%). Второе место занимают хамефиты, третье – фанерофиты. За ними с небольшой разницей следуют терофиты и криптофиты. В целом травянистые растения насчитывают 775 видов и составляют около 81% петрофильной флоры. Фанерофиты представлены 85 видами (8,9%), среди которых доминируют нанофанерофиты. В целом петрофильная дендрофлора, включая хамефиты (без учёта травянистых растений-подушек) насчитывает 164 вида (11,1%). Анализируемые биоморфы имеют ряд морфологических и физиологических признаков, позволяющих выделить среди них группы видов с более разнообразно характеризующимися жизненными формами. Это эфемероиды, вечнозелёные и зимнезелёные растения, лианы, суккуленты, полупаразиты и др.

Эфемероиды (Plantae ephemeroidae), многолетники с коротким периодом вегетации – 16 видов. Среди них 6 луковичных эфемероидов (2 вида рода *Gagea, Lloydia serotina, Prospero autumnale*, 2 вида рода *Muscari*), 5 корневищных (3 вида рода *Iris* и 2 вида рода *Pulsatilla*), 5 клубневых (виды рода *Corydalis*).

Вечнозеленые растения (Plantae sempervirentes) представлены деревьями и кустарниками (20 видов): *Picea orientalis, Pinus sosnowskyi* и ещё 2 вида этого рода, 8 видов рода *Juniperus,* 3 вида рода *Ephedra, Daphne baksanica* и ещё 2 вида этого рода, *Arctostaphylos caucasica*, а также кустарничком *Dryas caucasica.*

Зимнезеленые растения (Plantae hieme virens) представлены многолетними гемикриптофитами, листья которых остаются на зиму и отмирают после перезимовки с появлением молодых листьев. Таких видов 6, это папоротники *Polystichum lonchitis, Asplenium ruta-muraria, A. septentrionale, A. trichomanes, Phyllitis scolopendrium, Polypodium vulgare.* Кроме того, к зимнезеленым относятся гемикриптофиты-двулетники, образующие в первый год прикорневую розетку листьев. Таких видов 22 – *Iberis taurica, Sobolewskia caucasica, Pseudovesicaria digitata, Erysimum callicarpum, Mandenovia komarovii, Nonea alpestris, Lactuca georgica* и др.

Лианы – растения, не способные самостоятельно сохранять вертикальное положение стебля и использующие в качестве опоры другие растения. Такой единственный вид – это обитающая в Новороссийском флористическом районе на каменистых склонах и осыпях древесная лиана (Lianae lignosae) *Lonicera etrusca*.

Суккуленты (Plantae succulentae) – ксерофиты с сочными листьями, содержащими водозапасающую паренхиму. Представлены видами семейства *Crassulaceae* (23 вида): *Chiastophyllum oppositifolium,* 6 видов рода *Sempervivum, Hylotelephium caucasicum, Prometheum pilosum*, 13 видов рода *Sedum, Rosularia sempervivum.*

Полупаразиты (Plantae hemiparasiticae), зеленые растения, способные к фотосинтезу, получающие от хозяина воду и минеральные вещества (факультативные паразиты) – 6 видов рода *Pedicularis*, в основном факультативные петрофиты.

Растения-подушки (Plantae pulvinares) – биоморфа, для которой характерны многочисленные короткие побеги, верхушки которых образуют единую поверхность. Ежегодное нарастание таких побегов синхронно и мало по величине. Возникновение такой биоморфы связывают с экстремальными условиями обитания. Среди хамефитов-кустарников к этой биоморфе относятся 3 вида – *Acanthophaca beckeriana, Dendrobrychis cornuta, Acantholimon glumaceum.* Травянистых растений-подушек 19: 10 видов рода *Saxifraga*, 6 видов рода *Draba, Minuartia brotherana, Gypsophila imbricata, Muchlenbergella oweriniana.*

Расширенный биоморфологический спектр петрофитов флоры Российского Кавказа представлен в табл. 2. Из него видно, что наибольшим разнообразием дополнительных биоморфологических признаков обладают хамефиты и гемикриптофиты. Из вышесказанного следует, что главенствующая роль в формировании петрофильных флористических комплексов принадлежит гемикриптофитам, что характерно и для полных флор отдельных территорий, например, во флоре Предкавказья гемикриптофиты составляют 54,4% [4; с. 39], во флоре западной части Центрального Кавказа – 56% [1; с. 25]; Северо-За-

Таблица 2

Подразделение биоморф на группы

Биоморфа	Количество видов	
	абсолютное	%
I. Фанерофиты	**85**	**8,9**
1 - деревья и кустарники листопадные (Ph)	70	7,3
2 - деревья и кустарники вечнозелёные (Ph:sv)	15	1,6
II. Хамефиты	**98**	**10,2**
3 - кустарники листопадные (Ch)	7	0,7
4 - кустарники вечнозелёные (Ch:sv)	3	0,3
5 - полукустарники листопадные (Ch:sf)	54	5,6
6 - полукустарники вечнозелёные (Ch:sv:fl)	2	0,2
7 - кустарнички (Ch:fl)	7	0,7
8 - древесные лианы (Ch:ll)	1	0,1
9 - кустарники-подушки (Ph:ppul)	3	0,3
10 - травянистые растения-подушки (Ch:ppul)	19	2,0
III. Гемикриптофиты	**692**	**72,2**
11 - собственно гемикриптофиты (HK)	636	66,4
12 - гемикриптофиты двулетники (HK:pb)	22	2,3
13 - гемикриптофиты зимнезелёные (HK:hv)	6	0,6
14 - гемикриптофиты эфемероиды (HK:ephd)	2	0,2
15 - гемикриптофиты суккуленты (HK:ps)	20	2,1
16 - гемикриптофиты полупаразиты (HK:hpar)	6	0,6
IV. Криптофиты	**40**	**4,2**
17 - собственно криптофиты (K)	27	2,8
18 - криптофиты эфемероиды (K:ephd)	13	1,4
V. Терофиты	**43**	**4,5**
19 - собственно терофиты (T)	40	4,2
20 - терофиты суккуленты (T:ps)	3	0,3
ИТОГО	958	100

падного Кавказа – 43% [3; с. 23]. Преобладают гемикриптофиты и в полных флорах меловых обнажений сопредельных территорий – Северо-Западного Казахстана (56,7%) [2; с. 28], петрофильных степей бассейна Дона (67,2%), [7; с. 8]. В исследованных ксерофильных флорах различных частей Северного Кавказа также преобладают гемикриптофиты, но с меньшим процентным участием: локальные платообразные поднятия Внутреннегорного Дагестана (45,0%) [6; с. 10], ксерофиты Предгорного Дагестана (51,0%) [9; с. 21].

Что касается исследованных флор петрофитов отдельных территорий Северного Кавказа, то процент участия в них гемикриптофитов близок к 60 и более. Так, во флоре петрофитов западной части Скалистого хребта их 58,6% [5; с. 8], Западной части Цен-

трального Кавказа – 66% [10; с. 101], Самурского хребта и Джуфудага – 67,4% [8; с. 14]. Особый интерес представляет информация о распределении биоморф по высотным растительным поясам, характеризующая экологическую обстановку в том или ином поясе. Спектр распределения биоморф по высотно-растительным поясам приведён в табл. 3.

Из таблицы видно, что наибольшее число гемикриптофитов приурочено к субальпийскому поясу, несколько меньше их в альпийском, далее следует степной пояс и субнивальный. Наименьшее число гемикриптофитов – в лесном поясе и поясе нагорных ксерофитов. Субальпийский пояс также наиболее богат хамефитами и фанерофитами. Что касается криптофитов, то наибольшее их число в альпийском поясе, терофитов – в степном. Те же соотношения сохраняются и в случае сравнения биоморф, приуроченных только к одному высотному растительному поясу (в данном случае применима приставка «стено-»). Графически приуроченность гемикриптофитов к высотным поясам показана на рис. 1А. Отсутствие стенобиоморф в субнивальном поясе объясняется тем, что все обитающие здесь биоморфы общие с альпийским поясом.

Несколько иная зависимость распределения гемикриптофитов по высотным растительным поясам наблюдается при сравнении процентного отношения этой биоморфы в каждом растительном поясе (табл. 3, рис. 1Б). Здесь имеется прямая зависимость между высотой местности и процентом участия гемикриптофитов, что соответствует законам распространения гемикриптофитов в Северном полушарии при движении с юга к высо-

Таблица 3

Распространение биоморф по высотным растительным поясам

пояс		биоморфа (абсолютная величина/процент)							
		Phmg	Phms	Phm	Phn	Ch	HK	K	T
Степной	всего	-	-	3 /1,3	14 /5,8	31 /12,9	157 /65,4	13 /5,4	22 /9,2
	стено-	-	-	2 /1,1	8 /4,4	21 /11,6	121 /66,9	13 /7,2	16 /8,8
Лесной	всего	2 /2,9	5 /7,1	1 /1,4	7 /10,0	2 /2,9	50 /71,4	-	3 /4,3
	стено-	3 /6,4	5 /10,6	-	5 /10,6	1 /2,1	31 /66,0	-	2 /4,3
Нагорно-ксерофильный	всего	2 /2,5	5 /6,2	1 /1,2	11 /13,6	7 /8,6	50 /61,7	2 /2,5	3 /3,7
	стено-	2 /2,6	6 /7,9	1 /1,3	11 14,5	6 /7,9	45 /59,2	/2,6	3 /3,9
Субальпийский	всего	-	1 /0,2	4 /0,9	39 /8,4	56	338 /73,2	6 /12,1	18 /3,9
	стено-	-	-	2 /0,8	31 /13,0	22	170 /71,1	4 /9,2	10 /1,2
Альпийский	всего	-	-	1 /0,3	3 /0,9	33 /9,8	274 /81,5	20 /6,0	5 /1,5
	стено-	-	-	1 /1,3	-	10 /12,8	62 /79,5	5 /6,4	-
Субнивальный	всего	-	-	-	-	2 /2,0	81 /81,8	13 /13,1	3 /3,0
	стено-	-	-	-	-	-	-	-	-

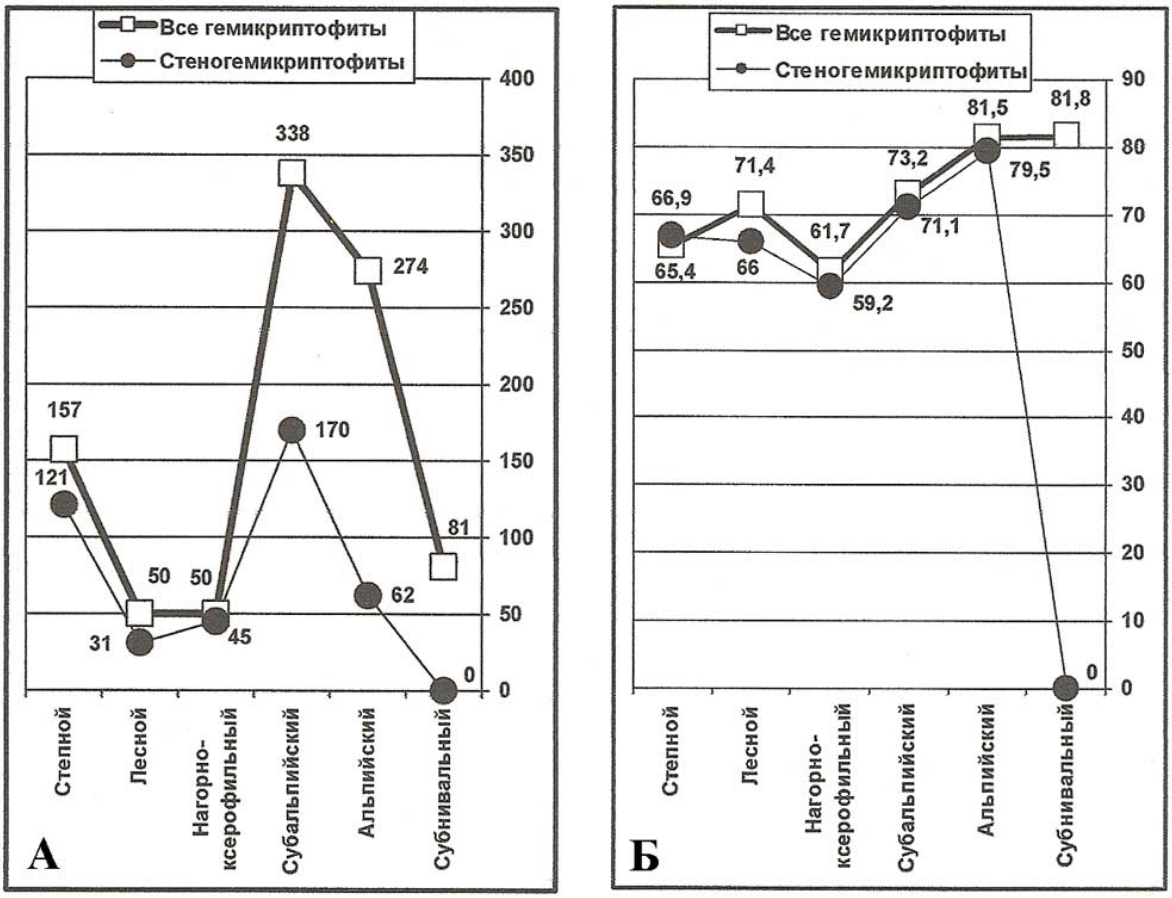


Рис. 1. Распространение гемикриптофитов по высотным растительным поясам:
А – в абсолютных цифрах; Б – в процентном отношении

ким широтам, что напрямую связано с климатом. Эта закономерность подтверждена на примере флоры центральной части Северо-Западного Кавказа [1, с. 25-27], для которого такая зависимость характерна и для хамефитов. Однако среди петрофитов хамефиты по абсолютным цифрам и процентному соотношению больше всего представлены в степном поясе. Пропорции биоморф по высотным растительным поясам представлены в табл. 4. Из неё видно, что в степном поясе больше всего пропорционально представлены не только хамефиты, но и терофиты. Фанерофиты являются второй по величине группой биоморф в поясе нагорных ксерофитов, а лесной пояс в этом отношении занимает второе место. Криптофиты наибольшее пропорциональное представительство имеют в субнивальном поясе.

Всё сказанное свидетельствует о том, что в каждом поясе сложился свой комплекс физико-географических и климатических условий, способствующих существованию тех или иных биоморф. Следует также отметить, что с пропорцией общего спектра биоморф совпадает лишь пропорция субальпийского пояса (с учётом биоморф, общих с другими поясами, и стенобиоморф), что ещё раз подчёркивает разнообразие условий обитания петрофитов, связанных с высотой местности над уровнем моря. Таким образом, наиболее приспособленными для обитания на каменистых субстратах являются гемикриптофиты, преобладающие во всех высотных растительных поясах. Их процентное соотношение (по сравнению с другими биоморфами), в целом увеличивается со сменой высоты над уровнем моря от более низкого высотно-раститель-

Таблица 4

Пропорции биоморф по высотным растительным поясам

пояс		пропорции
Степной	всего	1,00**HK :** 0,20**Ch :** 0,14**T :** 0,10**Ph :** 0,08**K**
	стено-	1,00**HK :** 0,17**Ch :** 0,13**T :** 0,10**K :** 0,08**Ph**
Лесной	всего	1,00**HK :** 0,30**Ph :** 0,06**T :** 0,04**Ch :** 0,00**K**
	стено-	1,00**HK :** 0,42**Ph :** 0,06**T :** 0,03**Ch :** 0,00**K**
Нагорно-ксерофильный	всего	1,00**HK :** 0,34**Ph :** 0,14**Ch :** 0,06**T :** 0,04**K**
	стено-	1,00**HK :** 0,44**Ph :** 0,13**Ch :** 0,06**T :** 0,04**K**
Субальпийский	всего	1,00**HK :** 0,17**Ch :** 0,13**Ph :** 0,05**T :** 0,01**K**
	стено-	1,00**HK :** 0,19**Ph :** 0,13**Ch :** 0,06**T :** 0,02**K**
Альпийский	всего	1,00**HK :** 0,12**Ch :** 0,07**K :** 0,01**Ph :** 0,01**T**
	стено-	1,00**HK :** 0,16**Ch :** 0,08**K :** 0,01**Ph :** 0,00**T**
Субнивальный	всего	1,00**HK :** 0,16**K :** 0,03**T :** 0,02**Ch :** 0,00**Ph**
	стено-	0,00**HK :** 0,00**K :** 0,00**T :** 0,00**Ch :** 0,00**Ph**

ного пояса к более высокому. В абсолютных цифрах наиболее насыщенным гемикриптофитами поясом является субальпийский.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Галушко А.И. Анализ флоры западной части Центрального Кавказа // Флора Северного Кавказа и вопросы её истории. Вып. 1. – Ставрополь, 1976. – С. 5-130.
2. Дарбаева Т.Е. Флора меловых возвышенностей Северо-Западного Казахстана: автореф. дис… докт. биол. наук. – СПб., 2003. – 51 с.
3. Зернов А.С. Флора Северо-Западного Кавказа: автореф. дис… докт. биол. наук. – М., 2006. – 32 с.
4. Иванов А.Л. Флора Предкавказья и её генезис. – Ставрополь: Изд. СГУ, 1998. – 204 с.
5. Лафишев П.И. Петрофиты западной части Скалистого хребта (Северный Кавказ): автореф. дис... канд. биол. наук. – Киев, 1986. – 16 с.
6. Омарова С.О. Сравнительный анализ флоры локальных платообразных поднятий Внутренегорного Дагестана: автореф. дис... канд. биол. наук. – Махачкала, 2005. – 22 с.
7. Середа С.М. Синтаксономия петрофитных степей бассейна реки Дон: автореф. дис… канд. биол. наук. – Ставрополь, 2003. – 19 с.
8. Теймуров А.А. Эколого-географическая и биологическая характеристика петрофитов Самурского хребта и Джуфудага в связи с историей формирования флоры Южного Дагестана: автореф. дис….канд. биол. наук. – Махачкала, 1998. – 26 с.
9. Цахуева Ф.П. Анализ видового состава и эколого-биологической структуры ксерофитов Предгорного Дагестана: автореф. дис… канд. биол. наук. – Махачкала, 2010. – 24 с.
10. Шхагапсоев С.Х. Анализ петрофитного флористического комплекса западной части Центрального Кавказа. – Нальчик: Издательский центр Эль-Фа, 2003. – 220 с.
11. Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. – Oxford: Clarendon Press, 1934. – 632 p.

УДК 579.2

Керимов З.М.[1], Абилова А.Л.[2],
Юсифова А.А.[1], Мурадов П.З.[1], Султанова Н.Г.[3]
[1]Институт микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку)
[2]Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку)
[3]Сумгаитский государственный университет (Азербайджан)

ВЫБОР МЕТОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОБНОГО СОСТАВА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ АПШЕРОНА

Z. Kerimov[1], A. Abilova[2], A. Yusifova[1], P. Muradov[1], N. Sultanova[3]
[1]Institute of Microbiology of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
[2]Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
[3]Sumqayit State University, Sumqayit, Azerbaijan

CHOICE OF THE METHOD FOR STUDYING THE MICROBIAL STRUCTURE OF OIL-CONTAMINATED SOILS OF ABSHERON

Аннотация. В работе исследован выбор метода для более точного определения численного состава микробного разнообразия нефтезагрязненных почв, а также домашней пыли и растительных материалов. В результате проведенных исследований показано, что предварительная обработка взятых образцов ультразвуком в течение 30 минут позволяет более точно определить численный состав микробного разнообразия. В тоже время этот подход наиболее приемлем при изучении микроразнообразия нефтезагрязненных почв.

Ключевые слова: микробное разнообразие, нефтезагрязненные почвы, численный состав, ультразвук.

Abstract. We have investigated the choice of the method for more exact determination of the numerical structure of a microbial variety of oil-contaminated soils as well as of house dust and plant materials. It is shown that the preliminary processing of the taken samples by ultrasound for 30 minutes allows one to determine the numerical structure of the microbial variety more precisely. At the same time, this approach is more comprehensible at studying a microvariety of the oil-contaminated soils.

Key words: microbial diversity, oil-contaminated soils, numerical structure, ultrasound.

Как известно, почвенные микроорганизмы формируются за счет бактерий и грибов, которые уже на протяжении многих лет являются объектом исследований разного характера [2]. В результате проведенных исследований идентифицированы десятки тысяч видов микроорганизмов, установлены закономерности их распространения по различным биотопам и субстратам, изучены их биологические активности, подобраны разные штаммы-продуценты биологически активных веществ, разработаны научные и практические основы микробиологического синтеза многих веществ, которые ранее производили синтетическим (химическим) способом. Несмотря на огромное число уже известных микроорганизмов, специалисты полагают, что изучена лишь малая часть всех практически существующих сегодня видов микроорганизмов [3]. Одной из проблем для их выделения и определения является невозможность культивирования некоторых микроорганизмов, используя традиционные методы, что способствует поиску новых методов, которые позволяли бы более эффективно и точно определить видовой и численный состав микробиоты различных биотопов. Так, при изучении любой экосистемы знание их микробного состава является необходимым для познания

© Керимов З.М., Абилова А.Л., Юсифова А.А., Мурадов П.З., Султанова Н.Г., 2012.

процессов [10], происходящих под действием антропогенного фактора.

Как известно, на территории Азербайджана уже на протяжении более 150 лет добывают нефть и производят нефтяные продукты. Вся эта деятельность сосредоточена в основном на Апшеронском полуострове, территория которого составляет 222 тыс. га [6]. Апшерон является проблемным ареалом, с критической остротой комплекса геоэкологических проблем [1]. Это связано, с одной стороны, с техногенным воздействием (загрязнение нефтью и нефтепродуктами, токсическими отходами химической промышленности, нецелесообразным природопользованием и др.), а с другой стороны, с природными деградационными процессами (ветровая эрозия, засоление почв, опустынивание). Если учесть, что часть территории Апшерона используется для сельхозугодий, нефтепромыслов и занята населенными пунктами, водоемами и озерами, то можно уверенно сказать, что в Апшероне в настоящее время ощущается огромный дефицит земли. Поэтому рациональному и эффективному использованию каждого гектара земли должно быть уделено особое внимание. В этой связи надо обратить внимание на нефтезагрязненные почвы, территория которых в Апшероне составляет тысячи гектаров. Очистка их экологически обоснованными методами является в настоящее время очень актуальным вопросом. Начиная с 80-х гг. прошлого века [4] проводятся исследования в этом направлении. В проведенных исследованиях получены некоторые обнадеживающие результаты [5] и даже некоторые из них уже внедрены в практику. Однако в микробиологических исследованиях, проведенных на Апшероне и в целом в Азербайджане, в основном используются классические методы, которые уже не в силах точно охарактеризовать микробное разнообразие конкретного биотопа.

Учитывая вышесказанное, целью представленной работы было изучение микроразнообразия антропогенно нарушенных биотопов Апшеронского полуострова и выбор метода для более точного ее определения. Образцы были взяты из отобранных 10 участков нефтезагрязненных почв Апшерона, отличающихся по степени загрязнения нефтью (табл 1.). Как видно, 3 участка характеризуются как слабо- , 3 – средне- и 3 – сильнозагрязненные. Кроме того, в ходе работы для анализа микробиоты мы использовали еще различные материалы (лекарственные растения, строительные материалы, домашняя пыль и др.). Взятие всех проб, подготовка суспензий и выделение микроорганизмов проводили согласно методу, который в настоящее время используется в аналогичных исследованиях [8; 9]. Для выделения микроорганизмов в чистую культуру использовали различные среды (минеральный агар, сусло-агар, овсяной агар, картофельный агар, органический агар, почвенный агар, МПБ, среда Эшби, Чапека, Гаузе и др.), отличающиеся по составу.

Для характеристики численного состава(по КОЕ) микроорганизмов мы использовали формулу:

N(КОЕ/г почв)= авс/д ,

Таблица 1

Общая характеристика нефтезагрязненных почв, используемых для взятия образцов

№	Влажность (%)	Кислотность	Количество нефти(г/кг почв)	Степень загрязненности
1-3	59-61	7,2-7,3	≥10	Слабая
4-6	61-63	7,4-7,5	10-40	Средняя
7-9	62-64	7,5-7,6	≤50	Сильная
10 (контроль)	57-58	7,0 -7,1	0	Чисто

где: *N* – число микроорганизмов (КОЕ/г почв), *а* – число колоний образующихся в чашке Петри, *в* - количество разведения, *с* – число капель в 1 мл суспензии, *д* - количество почв (в г), взятых для анализа.

Все опыты в ходе исследований поставлены в 4-6-ти повторах и полученные данные статистически обработаны [7]. Из взятых почвенных образцов подготовили водную суспензию (30-минутную) и, прежде чем делать посев, обработали ее ультразвуком (УЗ) на 15, 30 и 60 минут, для которого использовали дезинтегратор, имеющий мощность 400-500 кВт и частоту не более чем 30 кНс. При выращивании микроорганизмов на стандартных средах полученные результаты показали,

Таблица 2

Влияние обработки УЗ на общую численность(ч10^5КОЕ/г почв) микроорганизмов

Степень загрязненности почв		Время обработки почвенных суспензий(мин)			
		0	15	30	60
Слабая	Б	8,7	9,0	9,4	9,3
	Г	3,9	4,1	4,3	4,3
Средняя	Б	5,8	6,4	6,4	6,4
	Г	2,0	2,2	2,3	2,1
Сильная	Б	4,1	4,2	4,4	4,3
	Г	0,023	0,025	0,026	0,026
Контроль	Б	10,2	10,5	10,9	10,8
	Г	4,4	4,6	4,8	4,7

Примечание: Б – бактерии(х10^6) и Г – грибы (х10^5)

Таблица 3

Сравнение эффективности методов выделения микроорганизмов

Степень загрязненности		Гетеротрофные бактерии(10^5 КОЕ/г почв)	Актиномицеты (10^3КОЕ/г почв)	Грибы (10^4КОЕ/г почв)
Слабая НЗП	С	45,2	0,72	3,8
	К	32,3	0,61	3,4
Средняя НЗП	С	27,2	0,36	2,0
	К	20,1	0,30	1,8
Сильная НЗП	С	0,39	0,036	0,027
	К	0,28	0,031	0,024
Чистая почва	С	47,5	1,12	4,3
	К	35,2	0,94	3,9
Домашняя пыль	С	50,3	1,02	4,6
	К	43,2	0,86	4,4
Лекарственные растения, строительные материалы и др.	С	41,2	0,76	3,5
	К	37,7	0,70	3,42

Примечание: УЗ – обработка образцов ультразвуком
К – классические методы.

Таблица 3

Сравнение эффективности методов выделения микроорганизмов

Степень загрязненности		Гетеротрофные бактерии(10^5 КОЕ/г почв)	Актиномицеты (10^3КОЕ/г почв)	Грибы (10^4КОЕ/г почв)
Слабая НЗП	С	45,2	0,72	3,8
	К	32,3	0,61	3,4
Средняя НЗП	С	27,2	0,36	2,0
	К	20,1	0,30	1,8
Сильная НЗП	С	0,39	0,036	0,027
	К	0,28	0,031	0,024
Чистая почва	С	47,5	1,12	4,3
	К	35,2	0,94	3,9
Домашняя пыль	С	50,3	1,02	4,6
	К	43,2	0,86	4,4
Лекарственные растения, строительные материалы и др.	С	41,2	0,76	3,5
	К	37,7	0,70	3,42

Примечание: УЗ – обработка образцов ультразвуком
К – классические методы.

что между численным составом и временем обработки УЗ не наблюдается прямая зависимость, хотя обработка УЗ всегда сопровождается увеличением общего числа как бактерий, так и грибов (табл. 2). Как видно, более или менее 30-минутную обработку образцов можно считать оптимальным, поскольку все время численность микроорганизмов повышается на 7-15%. В вариантах, где обработка длилась 15 и 60 минут, аналогичные данные составляли 2,9-10,3% и 4,9-10,2%, соответственно. Как результат этого этапа, для дальнейших исследований предпочли 30-минутную предобработку образцов УЗ.

Сравнение полученных результатов в оптимальных вариантах с теми данными, которые мы получили в ходе работы (табл. 3), используя традиционные методы выделения микроорганизмов, показало, что в зависимости от степени загрязнения и микроорганизмов разница методов показателей составляет от 9,3 до 28,5%. Для домашней пыли этот показатель составляет 4,3-15,7%, а для растительных материалов – 2,9-8,5%. Следовательно, обработка ультразвуком при изучении микробного разнообразия нефтезагрязненных почв является наиболее эффективной.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алекперов А. Б. Апшерон: проблемы гидрогеологии и геоэкологии. – Баку: Аз. гос. Книжная палата, 2000. – 484 с.
2. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. – М.: Наука, 2003. – 223 с.
3. Биологи оценили общее количество видов на Земле [24 августа 2011 г.] / Membrana: люди, идеи, технологии [сайт]. URL: http://www.membrana.ru/particle/16627 (дата обращения: 01.11.2012 г.)
4. Исмаилов Н.М., Пиковский Ю.И. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 222-230.
5. Исмайлов Н.М. Обоснование принципов и методов рекултивации и восстановления плодородия нефтезагрязненных почв Апшеронского полустрова // Материалы межд. конф. «Физиолого-биохимические и экологические особенности микроорганизмов». – Баку: Элм, 2005. – С. 125-130.
6. Кахраманова Ш.Ш. Техногенное загрязнение почв Апшерона // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2012. – № 1. – С. 25-30.
7. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 302 с.
9. Методы экспериментальной микологии / под ред. В.И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1982. – 500 с.
10. Свирскене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы // Почвоведение. – 2003. – № 2. – С. 202-210.

УДК 579.

Колотилова Н.Н.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ВЫДАЮЩИЙСЯ МИКРОБИОЛОГ И ПОЧВОВЕД АЛЕКСАНДР ФЕДОРОВИЧ ЛЕБЕДЕВ (К 130-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

N. Kolotilova
M.V. Lomonosov Moscow State University

THE EMINENT MICROBIOLOGIST AND PEDOLOGIST ALEXANDRE FEDOROVICH LEBEDEV (ON THE 130TH ANNIVERSARY)

Аннотация. Выдающийся русский естествоиспытатель А.Ф. Лебедев (1882-1936) – человек с удивительной и трагической судьбой – внес большой вклад в развитие микробиологии и почвоведения. Он вошел в историю микробиологии открытием у бактерий хемосинтеза за счет использования водорода и открытием гетеротрофной фиксации углекислоты, далеко опередившим развитие науки. Его основополагающий вклад в развитие почвоведения связан с созданием теории происхождения почвенных и грунтовых вод. Особое место занимают труды, посвященные инженерным свойствам грунтов и плывунов, написанные репрессированным ученым на строительстве Беломорканала.

Ключевые слова: хемосинтез, фиксация CO_2, почвенные воды.

Abstract. The eminent Russian scientist A.F. Lebedev (1882-1936) is a man of extraordinary and tragic fate, who made a great contribution in the development of both microbiology and soil science. In microbiology he discovered the bacterial chemosynthesis, based on the oxidation of H_2, and the heterotrophic fixation of CO_2. His fundamental contribution in soil science is linked with the famous theory of the origin of ground waters. His works on the engineering properties of subsoils and quicksands, written by the repressed scientist during the building of Belomorcanal, present a special interest.

Key words: chemosynthesis, fixation of CO_2, ground and subsoil waters.

Александр Федорович Лебедев – человек с необычной жизненной и научной судьбой. Немногим известно, что микробиолог, продолживший великолепную череду работ С.Н. Виноградского, открывший в начале XX в. хемосинтез на водороде, и почвовед, создавший основополагающую теорию о происхождении почвенных и грунтовых вод, – одно и то же лицо. В год юбилея выдающегося естествоиспытателя представляется важным рассказать о его жизни и научной деятельности.

А.Ф. Лебедев родился 25 мая 1882 г. в небольшом городке Красном Смоленской губернии, в бедной семье [1]. С раннего детства он привык много трудиться. Получив среднее образо-

© Колотилова Н.Н., 2012.

вание в Горецком земледельческом училище, Лебедев поступил в Ново-Александрийский институт сельского хозяйства и лесоводства (Пулавы), где учился у выдающегося русского почвоведа К.Д. Глинки. Приняв участие в революционном движении, он некоторое время был вынужден скрываться от жандармской слежки за границей, где заодно слушал лекции в Берлинском университете. Вернувшись в Россию, Лебедев окончил институт, сдав за полтора месяца 18 экзаменов, и был принят в Новороссийский университет (Одесса) в лабораторию известного почвоведа профессора А.И. Набоких. Здесь начались его первые работы по гидрологии почв и по микробиологии.

В 1911 г. он защитил диссертацию «Исследование хемосинтеза у *Bacillus hydrogenes*», где на огромном экспериментальном материале показал факультативную способность этой бактерии фиксировать CO_2 за счет окисления H_2 и отсутствие принципиального различия между механизмами фиксации CO_2 при фото- и хемосинтезе. Одновременно он исследовал денитрифицирующих бактерий, показав, что денитрификация является дыхательным процессом. В 1921 г. Лебедевым была опубликована небольшая, но очень важная приоритетная работа по ассимиляции углекислоты гетеротрофными бактериями; значение этого открытия стало понятно много позже благодаря работам Вуда и Веркмана. Эта работа Лебедева перекликалась с его исследованием физиологии и генетики бесхлорофилльных мутантов кукурузы, которые он проводил, уже будучи профессором Варшавского, Донского и Северо-Кавказского университетов и директором Донской сельскохозяйственной (селекционной) станции. Итогом другого направления исследований стала блестящая монография «Почвенные и грунтовые воды» о происхождении разных категорий воды в почвах и грунтах и ее передвижении в почве.

В 1926-1927 гг. Лебедев был командирован в США, где разработал оригинальный метод определения максимальной молекулярной влагоемкости почв с помощью сконструированной им сверхцентрифуги. Он участвовал (1927) в международных съездах почвоведов (Вашингтон) и генетиков (Берлин). В 1930 г. Лебедев был переведен в Москву, а уже в 1931 г. арестован и сослан на строительство Беломорканала, где вскоре занялся физико-механическими исследованиями строительных свойств грунтов [2]. Здесь его знания оказались особенно востребованы. Последние месяцы жизни (1935) он работал в Москве в Институте почвоведения АН СССР, в январе 1936 г. Лебедева не стало. Его оригинальные, новаторские труды стали базой современного почвоведения и оставили яркий след в микробиологии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лебедев Н.А. Александр Федорович Лебедев // Почвоведение. – 1936. – № 2. – С. 280-281.
2. Трагические судьбы: репрессированные ученые Академии наук СССР. – М.: Наука, 1995. – 253 с.

УДК 579.

Колотилова Н.Н.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ИЗ ИСТОРИИ ЭКОЛОГИИ МИКРООРГАНИЗМОВ: ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ 2012 г.

N. Kolotilova
M.V. Lomonosov Moscow State University

ON THE HISTORY OF MICROBIAL ECOLOGY: JUBILEE DATES OF 2012

Аннотация. В обзорной статье представлены данные о важных юбилейных датах 2012 г., связанных со становлением и развитием экологии микроорганизмов, главным образом, в трудах российских ученых. Приведены краткие биографические сведения о В.Л. Омелянском и Г.А. Надсоне (145 лет со дня рождения). В.С. Буткевиче (140 лет со дня рождения), С.П. Костычеве, Г.Л. Селибере (135 лет со дня рождения), Н.Г. Холодном (130 лет со дня рождения) и ряде других ученых, обсуждаются их работы в этой области. Подчеркивается также вклад в зарождение микробной экологии Л. Пастера (190 лет со дня рождения).

Ключевые слова: экология микроорганизмов, Л. Пастер, В.Л. Омелянский, Г.А. Надсон, Н.Г. Холодный. С.Н. Виноградский.

Abstract. The review presents some jubilee dates of famous, mainly Russian microbiologists. The main attention is focused on the scientists who played an important role in the development of the microbial ecology: V.L. Omeliansky and G.A. Nadson (145 years since the birth), V.S. Butkevitch (140 years since the birth), S.P. Kostychev, G.L. Seliber (135 years since the birth), N.G. Cholodny (130 years since the birth) and some others. The role of L. Pasteur (190 years since the birth) in the genesis of microbial ecology is also discussed.

Key words: microbial ecology, L. Pasteur, V.L. Omeliansky, G.A. Nadson, N.G. Cholodny, S.N. Winogradsky.

В 2012 г. можно отметить немало важных дат, связанных с историей микробиологии. Из них, прежде всего, необходимо назвать 280-летие со дня рождения знаменитого голландского естествоиспытателя Антони ван Левенгука (1632-1723), впервые увидевшего и описавшего микроорганизмы, а также 190-летие со дня рождения великого французского микробиолога Луи Пастера (1822-1895), основоположника научного подхода в микробиологии. С его именем связаны исследования процессов брожения и концепция анаэробиоза; изобретение пастеризации; блистательное экспериментальное решение проблемы о самозарождении. Идея о микроорганизмах как деструкторах органического вещества в природе фактически была предтечей возникновения микробной экологии [4]. Следующими этапами в его научной жизни стала борьба с болезнями шелковичных червей и переход к медицинской проблематике: разработка вакцин, ознаменовавшая рождение иммунологии; наконец, победа над бешенством и создание знаменитого Пастеровского института в Париже.

Переходя к юбилеям отечественных ученых, отметим, что в 2012 г. исполнилось 190 лет со дня рождения Льва Семеновича Ценковского (1822-1887), одного из основоположников микробиологии в России; 185 лет со дня рождения Александра Ивановича Бабухина (1827-1891), гистолога, профессора Московского университета, организатора первой бактериологической лаборатории в Москве. Исполнилось 155 лет со дня рождения крупного патолога и бактериолога Владимира Валериановича Подвысоцкого (1857-1913), эпидемиолога и бактериолога Александра Дмитриевича Павловского (1857-1944), одесского микробиолога Якова Юльевича Бардаха (1857-1929), а также 140 лет со дня рождения основоположника микробиологической

© Колотилова Н.Н., 2012.

школы в Казанском и Кубанском университетах Ивана Григорьевича Савченко (1862-1932) и 130 лет – со дня рождения известного представителя казанской школы Вячеслава Михайловича Аристовского (1892-1950). Необходимо напомнить о 110-летии со дня рождения французского микробиолога российского происхождения Андре Мишеля Львова (1902-1994) – сотрудника Пастеровского института, директора Национального института исследований рака, лауреата Нобелевской премии (1956, совместно с Ф. Жакобом и Ж. Моно) по физиологии и медицине, автора исследований по регуляции синтеза белка и физиологии вирусов.

Наряду с чередой выдающихся представителей медицинской микробиологии, важно отметить имена отечественных микробиологов-естествоиспытателей, сыгравших значительную роль в становлении и развитии экологии микроорганизмов. Ее основоположником является наш великий соотечественник Сергей Николаевич Виноградский (1856-1953) [3]. Экологическое мировоззрение проявилось уже в ранних его работах о хемосинтезе (1890): «Органическое вещество на земном шаре образуется при жизнедеятельности живых существ не только в процессе фотосинтеза, но и в процессе хемосинтеза» [1, с.169]. А в программном докладе «О роли микробов в круговороте жизни» (1896) прозвучали слова, фактически предваряющие концепцию биосферы: «В такой связи вся живая материя восстает перед нами как одно целое, как один огромный организм» [2, с. 27]. В этом году (не юбилейном для Виноградского) можно отметить годовщину эпохального события в его жизни: 90-летие с начала его «французского» периода. В 1922 г. Виноградский, покинувший в 1920 г. Россию, по приглашению директора Института Пастера Э. Ру переехал во Францию, где возглавил Сельскохозяйственный филиал Института Пастера и начал развивать микробиологию почвы как новое научное направление. Итоги работы изложены в программной статье (1938) «Экологическая микробиология: принципы и методы» [10] – научном завещании ученого. В мае 2012 г. на Украине открыт памятник С.Н. Виноградскому.

В этом году исполнилось 145 лет со дня рождения Василия Леонидовича Омелянского (1867-1928), академика, самого близкого ученика Виноградского. Химик Омелянский очень органично вписался в его бактериологическую лабораторию, где для изучения процессов метаболизма бактерий требовались точные и сложные химические анализы. Омелянский принимал активное участие в работах Виноградского по нитрифицирующим и азотфиксирующим бактериям, а его исследования анаэробного разложения целлюлозы признаны классическими. Процессы нитрификации, азотфиксации, разложения клетчатки занимают ключевое положение в микробиологии почвы. Проблемы почвенной и геологической микробиологии до конца жизни волновали Омелянского. Ему принадлежит один из самых полных обзоров по почвенной азотфиксации [6], а одна из последних работ посвящена роли микробов в выветривании горных пород [7]. Омелянский стал преемником Виноградского в Институте экспериментальной медицины (ИЭМ) и до конца жизни возглавлял Отдел общей микробиологии; а также руководил отделом микробиологии в Институте им. П.А. Лесгафта. Он вошел в историю науки как автор одного из лучших учебников по общей микробиологии, который отражал концепции Виноградского и способствовал формированию российской школы микробиологов-естествоиспытателей.

Исполнилось также 145 лет со дня рождения крупного микробиолога, академика Георгия Адамовича Надсона (1867-1937), основателя и первого директора Института микробиологии АН СССР, основателя школы микробиологов, пионера в области радиационной микробиологии. Работы о микробных процессах в озерах, диссертация «Микроорганизмы как геологические деятели» (1903) позволяют считать Надсона одним из основоположников водной и геологической микробиологии. В этом году отмечается 140 лет со дня рождения Владимира Степановича Буткевича (1872-1942), крупного биохими-

ка и известного ученого в области морской микробиологии, сотрудника легендарного Плавучего морского научного института (Плавморнина). К его работам относится выявление истинно морских бактерий, а также изучение образования бактериями железомарганцевых конкреций на дне морей. Исполнилось 140 лет и со дня рождения миколога, микробиолога и фитопатолога Ивана Львовича Сербинова (1872-1925).

Упомянем 135-летие со дня рождения Сергея Павловича Костычева (1877-1931). Главная область его исследований – физиология и биохимия микроорганизмов (дыхание и брожение, выделение кислот, азотфиксация), но ему принадлежат и важные работы в почвенной микробиологии, продолжающие исследования С.Н. Виноградского [5]. Будучи директором Всесоюзного института сельскохозяйственной микробиологии, Костычев руководил обширными исследованиями по учету почвенных микробов, охватывающими значительную часть территории СССР. Исполнилось также 135 лет со дня рождения Григория Львовича Селибера (1877-1962). Получив прекрасное и разностороннее образование в Германии и во Франции, Селибер лишь с 1918 г. начал работать в России (в Институте им. П.Ф. Лесгафта). Его работы посвящены микробиологии хлебопечения, использованию и образованию бактериями жиров, разложению пектина. Представляют интерес статьи по экологии микроорганизмов, начиная от работы по определению кардинальных точек (минимума, оптимума и максимума) и кончая анализом концепций экологической микробиологии С.Н. Виноградского [8]. Г.Л. Селибер был составителем и редактором известного «Большого практикума по микробиологии» (1962).

В этом году отмечается 130 лет со дня рождения Николая Григорьевича Холодного (1882-1953), академика АН УССР, крупного ботаника и микробиолога. Сфера его интересов широка: от фитогормонов до возникновения жизни и философии космизма. Н.Г. Холодный внес большой вклад в изучение железобактерий, окисляющих Fe^{2+} и имеющих большое значение в круговороте железа [9]. Важны и его работы по микробиологии почвы, оригинальные разработки методик исследования (стекла обрастания, почвенные камеры), не потерявшие значения и сегодня.

Этот ряд славных имен микробиологов-естествоиспытателей далеко не полон, он может и должен быть продолжен. Если данная работа вызовет интерес к истории микробиологии, то ее цель можно считать выполненной.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Виноградский С.Н. Микробиология почвы. Проблемы и методы. 50 лет исследований. – М.: Изд. АН СССР, 1952. – 792 с.
2. Виноградский С.Н. О роли микробов в общем круговороте жизни. Речь, произнесенная на общем собрании членов Императорского Института Экспериментальной Медицины 8 декабря 1896 г. – СПб., 1897. – 27 с.
3. Заварзин Г.А. Три жизни великого микробиолога. Документальная повесть о Сергее Николаевиче Виноградском. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009. – 240 с.
4. Колотилова Н.Н. Л. Пастер и развитие естествознания (к 190-летию со дня рождения) // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2012. – № 3. – С. 25-27.
5. Костычев С.П. Новейшие исследования по биодинамике почв // Природа. – 1927. – Т. 16. – № 5. – С. 355-372.
6. Омелянский В.Л. Связывание атмосферного азота почвенными микробами. – Петроград: КЕПС РАН, 1923. – 172 с.
7. Омелянский В.Л. Роль микроорганизмов в выветривании горных пород // Юбилейный сборник, посвященный И.П. Бородину / под ред. А.А. Ярчевского. Л.: Изд. Гос. Русского Ботанического Об-ва. – 1927. – С. 133-141.
8. Селибер Г.Л. Принципы экспериментального метода исследования и экологическая микробиология // Природа. 1945. – № 2. – С. 43-49.
9. Холодный Н.Г. Железобактерии. – М.: Изд. АН СССР, 1953. – 224 с.
10. Winogradsky S.N. La microbiologie oecologique, ses principes–son procédé // Ier Congrès des Microbiologistes de Langue Française. – Paris, 1938. – P. 1-25.

УДК 581.14:577.17

Кузнецова С.А.[2], Климачев Д.А.[1], Старикова В.Т.[1]
[1]Московский государственный областной университет
[2]Московский медицинский колледж № 2

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОЛИНА В УСЛОВИЯХ ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ФИТОГОРМОНАМИ

S. Kuznetsova[2], D. Klimachev[1], V. Starikova[1]
[1]Moscow State Regional University
[2]Moscow Medical College No. 2

CHANGE IN PROLINE CONTENT UNDER CONDITIONS OF CHLORIDE SALINITY AND PROCESSING BY PHYTOHORMONES

Аннотация. В условиях лабораторных исследований (почвенные культуры) изучалось влияние различных концентраций хлорида натрия и обработки 6-БАП и АБК на содержание пролина в листьях пшеницы в процессе вегетации. В вариантах с внесением хлорида натрия экспериментально показано увеличение уровня пролина. Содержание пролина рассматривается как один из факторов резистентности растений к неблагоприятным условиям среды.

Ключевые слова: пролин, хлоридное засоление, 6-БАП, АБК.

Abstract. We have studied under the laboratory (soil cultures) conditions the effect of different concentrations of sodium chloride and 6-BAP and ABA processing on the proline content in wheat leaves during the growing season. The introduction of sodium chloride has been experimentally shown to increase the level of proline. The proline content is considered as one of the factors of resistance of plants to adverse environmental conditions.

Key words: proline, chloride salinity, 6-BAP, ABA.

Выживание растения в условиях избыточного засоления в значительной степени зависит от способности клеток поддерживать ионный гомеостаз. Содержание ионов в цитоплазме определяется как барьерными функциями мембран, особенно плазмалеммы, так и скоростью выделения ионов в апопласт. Барьерная функция каждой мембраны зависит от ее проницаемости, определяемой ее структурой и работой транспортных систем. Поступающие при засолении в клетку ионы выводятся из цитозоля при помощи ионных насосов. Галофиты по сравнению с гликофитами поддерживают концентрацию ионов натрия в цитоплазме постоянной. У соленакапливающих галофитов при наличии крупной центральной вакуоли транспортные белки тонопласта переносят ионы натрия и хлора в вакуоль [1].

Для восстановления внутриклеточного осмотического равновесия необходима активная аккумуляция в цитозоле совместимых осмолитов [3].

Совместимые осмолиты — это сахара, сахароспирты, свободные аминокислоты и некоторые другие органические соединения, которые в больших концентрациях не токсичны для клеточного метаболизма. Более того, они не только понижают водный потенциал клеток при солевом стрессе, но и защищают мембраны, ферменты, структурные и регуляторные макромолекулы.

Одной из универсальных защитных реакций растений при действии различных экстремальных факторов является аккумуляция пролина [5].

© Кузнецова С.А., Климачев Д.А., Старикова В.Т., 2012.

Объект и методы исследования

Исследования проводили в условиях вегетационных (почвенные культуры) опытов на яровой пшенице (Triticum aestivum L., сорта МИС, Приокская). NaCl вносили в виде раствора с поливными водами в фазу трех листьев. Опрыскивание раствором 6-БАП ($4x10^{-5}$М) и АБК ($1x10^{-5}$М) проводили в фазу кущения (III этап органогенеза). Концентрации вносимых гормонов и NaCl устанавливали путем подбора с учетом особенностей выбранного объекта. Контрольные растения опрыскивали водой. Определение содержания пролина проводили по модифицированному методу, предложенному Калинкиной Л.Г. Повторность опыта трехкратная. Экспериментальные данные обрабатывались статистически [2]: приведены средние арифметические и их среднеквадратичные ошибки. При оценке различий между вариантами использовали критерий Стьюдента, считая достоверными различия при уровне доверительной вероятности выше 0,95.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показали, что опрыскивание 6-БАП растений контрольного варианта снижает уровень пролина в листьях пшеницы на протяжении всего онтогенеза, но в первую очередь после обработки (фазу кущения) (рис. 1-2). Важно, что действие 6-БАП проявилось и на реакции сортов. Согласно полученным данным, сорт МИС характеризовался большей чувствительностью к обработке 6-БАП по сравнению с сортом Приокская (табл. 1-2). Так, в фазу кущения у сорта МИС уровень пролина при обработке 6-БАП снизился на 30%, тогда как у сорта Приокская – на 20%. Влияние 6-БАП на уровень пролина в листьях пшеницы, возможно, осуществляется через изменение уровня эндогенной АБК. В литературе имеются данные о воздействии экзогенных цитокининов на содержание пролина [6].

В условиях засоления NaCl обработка 6-БАП оказала сходное с вариантом без внесения NaCl воздействие на содержание про-

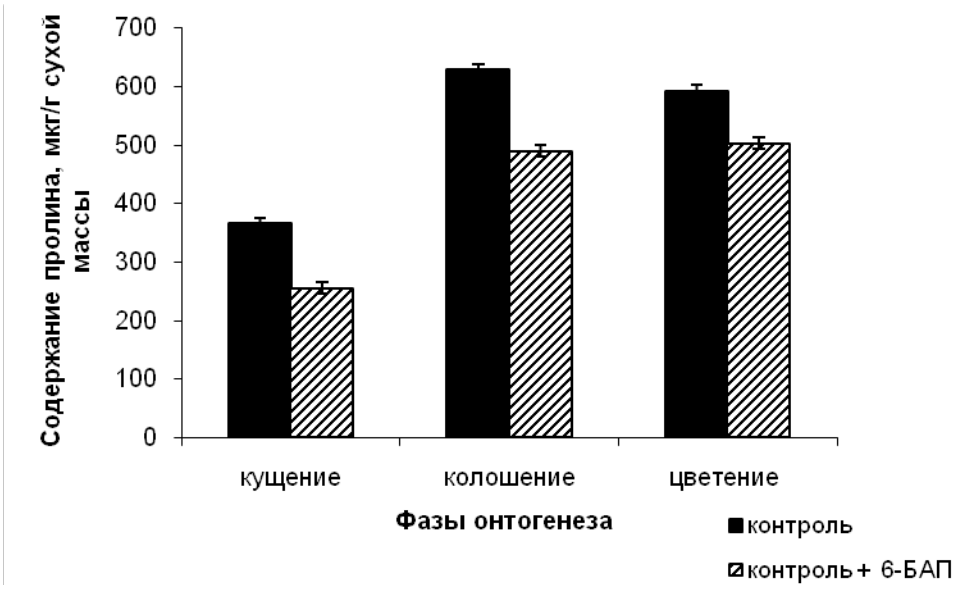


Рис. 1. Влияние обработки 6-БАП на накопление пролина в листьях. Контрольный вариант. Сорт МИС, мкг/г сухой массы

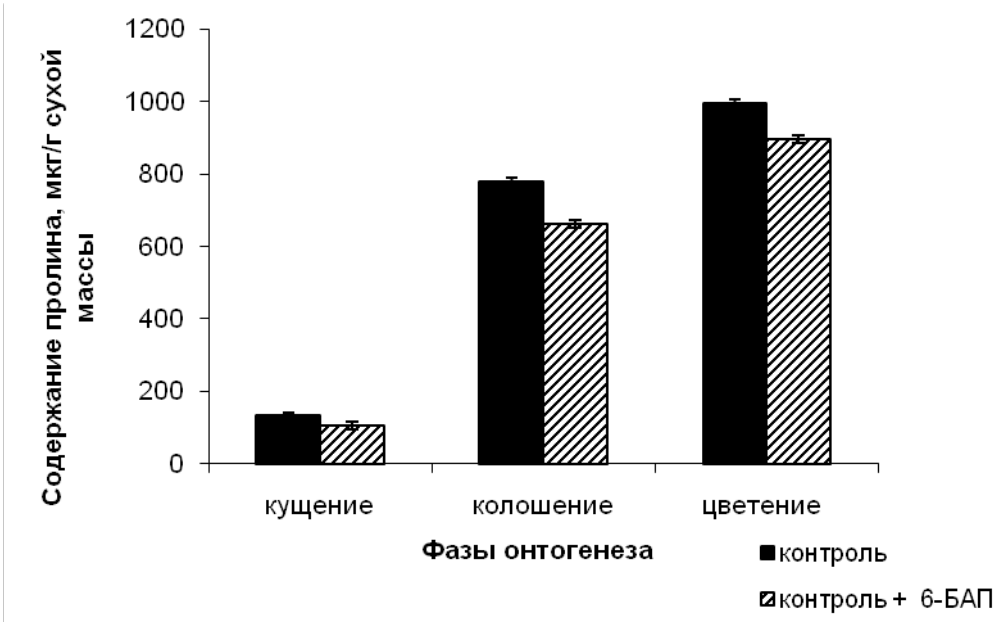


Рис. 2. Влияние обработки 6-БАП на накопление пролина в листьях. Контрольный вариант. Сорт Приокская, мкг/г сухой массы

лина. Результаты наших исследований показали снижение уровня пролина во всех вариантах (табл. 1-2). Действие 6-БАП проявилось в меньшей степени при высокой (253 мМ) концентрации NaCl. Так, у сорта МИС в фазу кущения при обработке 6-БАП на фоне засоления NaCl (концентрация 213 мМ) уровень пролина снизился на 20%, тогда как при концентрации 253 мМ NaCl – на 13%. Важно отметить, что оба сорта проявили сходную реакцию на обработку 6-БАП (табл. 1-2).

Таблица 1

Влияние обработки 6-БАП и различного уровня засоления NaCl на содержание пролина в листьях пшеницы в процессе вегетации. Сорт МИС, мкг/г сухой массы

Вариант	кущение			колошение			цветение		
		%	%		%	%		%	%
контроль	365,49± 7,12	*100*		628,21± 7,19	*100*		592,31± 9,15	*100*	
контроль + 6-БАП	255,11± 5,35	*70*		489,84± 6,23	*78*		503,24± 7,84	*85*	
213мМ NaCl	562,95± 10,14	*154*	100	847,84± 5,35	*135*	100	713,53± 7,18	*120*	100
213мМ NaCl + 6-БАП	449,61± 8,15	*123*	80	719,95± 5,24	*114*	85	663,01 ±7,19	*112*	93
253мМ NaCl	584,12± 7,85	*160*	100	910,65± 8,46	*145*	100	828,81± 7,45	*140*	100
253мМ NaCl + 6-БАП	508,08± 6,24	*139*	87	846,85± 8,16	*134*	93	795,64± 8,13	*134*	96

Таблица 2

Влияние обработки 6-БАП и различного уровня засоления NaCl на содержание пролина в листьях пшеницы в процессе вегетации. Сорт Приокская, мкг/г сухой массы

Вариант	кущение			колошение			цветение		
		%	%		%	%		%	%
контроль	132,61± 7,48	*100*		779,04± 15,10	*100*		995,96± 11,13	*100*	
контроль + 6-БАП	105,64± 8,89	*80*		662,18± 15,87	*85*		895,51± 8,94	*90*	
213мМ NaCl	200,11± 7,89	*167*	100	1128,96± 15,23	*145*	100	1292,98± 4,65	*130*	100
213мМ NaCl + 6-БАП	176,74± 8,12	*133*	88	1039,18± 6,18	*133*	92	1228,82± 6,78	*124*	95
253мМ NaCl	251,56± 8,42	*189*	100	1332,09± 12,31	*171*	100	1492,58± 6,21	*150*	100
253мМ NaCl + 6-БАП	225,96± 8,64	*171*	90	1305,48± 8,45	*167*	98	1432,87± 6,447	*144*	96

Ведущая роль в регуляции пролина принадлежит АБК. Интерес представляло изучить влияние экзогенной обработки АБК на содержание пролина в листьях в условиях повышенных концентраций солей. Показано, что опрыскивание АБК контрольных растений стимулирует синтез пролина как у сорта МИС, так и у сорта Приокская. При этом необходимо подчеркнуть, что сорт МИС характеризовался меньшей чувствительностью к обработке АБК по этому показателю (рис. 3). Так, если у сорта МИС в фазу кущения уровень пролина увеличился на 45%, то у сорта Приокская – на 55%. Важно отметить, что эффект обработки проявился в большей мере в первые дни после опрыскивания АБК.

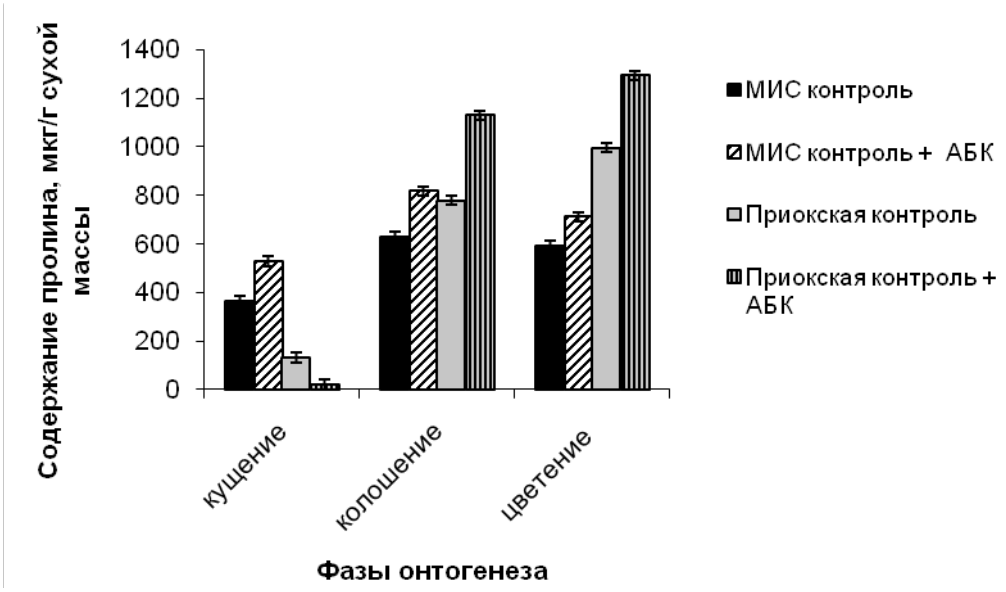


Рис. 3. Влияние обработки АБК на уровень накопления пролина в листьях пшеницы. Вариант без внесения NaCl, мкг/г сухой массы

Согласно полученным данным, в условиях засоления NaCl обработка АБК оказала несколько иное, отличное от контрольного варианта, воздействие. Нами показано уменьшение содержания пролина в вариантах с внесением NaCl после обработки АБК. Такая реакция может быть следствием торможения синтеза пролина и увеличения скорости его распада. Однако такое влияние обработки АБК проявилось лишь в первые сроки после опрыскивания (табл. 3-4). Реакции сортов на обработку АБК в условиях почвенного засоления NaCl в целом носили сходный характер.

Таблица 3

Влияние обработки АБК на накопление пролина в условиях засоления NaCl. Сорт МИС, мкг/г сухой массы

Вариант	кущение			колошение			цветение		
		%	%		%	%		%	%
контроль	365,49± 7,12	*100*		628,21± 7,19	*100*		592,31± 9,15	*100*	
контроль + АБК	529,13± 6,85	*145*		816,45± 7,56	*130*		710,48± 8,46	*120*	
213мМ NaCl	562,95± 10,14	*154*	100	847,84± 5,35	*135*	100	713,53± 7,18	*120*	100
213мМ NaCl +АБК	500,18± 5,79	*136*	89	796,18± 7,14	*127*	94	684,48± 8,13	*116*	96
253мМ NaCl	584,12± 7,85	*160*	100	910,65± 2,46	*145*	100	828,81± 7,45	*140*	100
253мМ NaCl +АБК	554,81± 7,46	*152*	95	908,45± 1,57	*144*	100	894,25± 8,79	*151*	108

Таблица 4

Влияние обработки АБК на накопление пролина в условиях засоления NaCl. Сорт Приокская, мкг/г сухой массы

Вариант	кущение			колошение			цветение		
		%	%		%	%		%	%
контроль	132,61± 7,48	*100*		779,04± 15,10	*100*		995,96± 11,13	*100*	
контроль + АБК	20,68± 9,13	*155*		1129,55± 10,21	*145*		1293,56± 9,46	*130*	
213мМ NaCl	200,11± 14,89	*167*	100	1128,96± 15,23	*145*	100	1292,98± 4,65	*130*	100
213мМ NaCl +АБК	180,04± 10,15	*136*	90	1060,32± 11,23	*136*	94	1266,16± 7,89	*127*	98
253мМ NaCl	251,56± 8,42	*189*	100	1332,09± 12,31	*171*	100	1492,58± 6,21	*150*	100
253мМ NaCl +АБК	238,54± 9,13	*180*	95	1334,48± 10,23	*170*	101	164,12± 10,23	*164*	110

Эффективность мультифункционального действия пролина при стрессе определяется способностью организма быстро индуцировать системы аккумуляции пролина в ответ на действие стрессора, способностью интенсивно накапливать свободный пролин до значительных внутриклеточных концентраций и наличием эффективной системы регуляции уровня стресс-индуцированного пролина. В вариантах с внесением NaCl экспериментально показано увеличение уровня пролина. Содержание пролина рассматривается как один из факторов резистентности растений к неблагоприятным условиям среды [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алиева З.М., Гамзатова З.Г., Юсуфов А.Г. Реакция на засоление среды изолированных структур растений // Вестник Дагестанского государственного университета. – Махачкала: Естест. науки, 1996. – Вып. 1. – С. 167-170.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1989. – 335 с.
3. Кузнецов В.В., Шевякова Н.И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. – 1999. – Т. 46. – № 2. – С. 32-40.
4. Шевякова Н.И., Стеценко Л.А., Шорина М.В., Аронова Е.Е., Кузнецов В.В. Механизмы адаптации Mesembryanthemum crystallinum L., к NaCl-индуцированному оксилительному стрессу на разных стадиях развития растения // Тезисы 5 Съезда общества физиологов растений России и Международная конференция «Физиология растений – основа фитобио технологии, Пенза, 15-21 сентября 2003 г. – С. 359-360.
5. Kuznetsov Vl.V., Shevyakova N.I. Stress Responses of Tobacco Cells to High Temperature and Saliniti. Proline Accumulation and Phosphorulation of Polypeptides // Physiol. Plant. – 1997. – V. 100. – P. 320-326.
6. Wang C. Y. Physiological and biochemical responses of plant to chilling stress// Hort Sci. – 1982. – V. 17. – № 2. – P. 173.

УДК 581.55(574.474)

Куксова М.А.[1], Харченко Т.А.[2]
[1]Ставропольский государственный педагогический институт
[2]Ставропольский государственный аграрный университет

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ФЛОРЫ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

M. Kuksova[1], T. Kharchenko[2]
[1]Stavropol State Pedagogical Institute
[2]Stavropol State Agrarian University

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF FLORA OF LINEAR OBJECTS OF AN OIL AND GAS COMPLEX ON THE STAVROPOL TERRIRORY

Аннотация. Линейные объекты нефтегазовой отрасли Ставрополья являются современными миграционными коридорами, по которым происходит проникновение в данный регион новых видов растений. Проведенные исследования показали существенное преобладание видов с коротким жизненным циклом, что объясняется, прежде всего, нестабильностью условий существования антропогенных территорий и является своего рода адаптационной стратегией растений на уровне жизненной формы. При этом резко снижается доля видов, приходящихся на многолетники. Исследования могут явиться основой для мониторинга растительного компонента экосистем на объектах трубопроводного транспорта.

Ключевые слова: антропогенная трансформация флоры объектов нефтегазового комплекса, таксономическая структура флоры.

Abstract. Linear objects of oil and gas industry in Stavropol are modern migration corridors through which new plant species penetrate into the region. The research performed showed essential prevalence of species with a short life cycle, which is explained, first of all, by the instability of living conditions of anthropogenous territories and represents a kind of adaptable strategy of plants at a level of a vital form. Thus, the share of the perennial grasses sharply decreases. The research can be a basis for monitoring of a vegetative component of ecosystems on objects of pipeline transport.

Key words: anthropogenic transformation of flora of oil and gas complexes, taxonomic structure of flora.

В последнее время все чаще приходится сталкиваться с проявлениями глобальных изменений окружающей среды, возникновением в нарушенных человеком местообитаниях синантропизированных растительных сообществ. Особенно крупномасштабные и высокодинамичные преобразования экосистем происходят в результате строительства и последующей эксплуатации объектов инфраструктуры нефтегазового комплекса – трубопроводов [6, с. 1262; 2, с. 160; 4, с. 528]. В освоенных районах основные транспортные коридоры объектов нефтегазового комплекса являются благоприятной средой для заноса и расселения на другие территории адвентивных компонентов флоры, в связи с чем остро возникает проблема биозагрязнения природной среды. Подобные биологические вторжения ведут к унификации флоры, снижению ее устойчивости, стиранию региональных отличий. Изучение таких флор позволит получить материалы об их состоянии, а также выработать комплекс мероприятий по стабилизации и оптимизации растительности, нарушенной нефтегазовой отраслью. В этой связи нами исследована и проанализирована флора антропогенно нарушенных растительных сообществ в районе прохождения трасс трубопроводов нефтегазового комплекса (в

© Куксова М.А., Харченко Т.А., 2012.

границах Ставропольского края в Изобильненском, Труновском, Ипатовском и Туркменском районах).

Исследуемая флора насчитывает 412 видов сосудистых растений, представленных 45 семействами и 243 родами. Аборигенную фракцию флоры составляют 260 видов, адвентивную – 152. Таксономическая структура флоры, показывающая иерархичное распределение основных надвидовых таксонов, является одним из важных количественных и качественных показателей преобразования флоры, позволяет судить о ее богатстве, разнообразии и путях флорогенеза. Анализ флоры объектов трубопроводного транспорта Ставрополья показал существенный сдвиг процентного соотношения в сторону покрытосеменных растений (Magnoliopsida) – 99,9 % от всех видов. Из них класс двудольных насчитывает 347 видов (84,2%), а однодольных – 64 (15,5%). Доля участия голосеменных (Pinophita) существенно снижена – 0,2%. Такое соотношение таксономических групп во флорах нарушенных экотопов отмечают многие исследователи [1, с. 18; 5, с. 258; 6, с. 1262]. Сокращение участия однодольных во флоре преобразованных экотопов объясняется тем, что многие однодольные, как правило, чувствительны к фактору увлажнения, представлены гигро- и гидрофитами, а на трансформированных территориях создаются особенные условия в направлении потепления микроклимата и усиления ксерофитизации на фоне нарушения почвенного покрова. Можно предположить, что условия нарушенных экотопов являются более благоприятными для класса двудольных. Одним из важных показателей систематической структуры флоры любой территории является спектр крупных семейств, которые и образуют ее ядро [1, с. 8-19]. Совокупный процент двенадцати крупных семейств составляет 79, 2% (325 видов) от общего видового состава и 80,3% (204 вида) – от родового (табл. 1).

Эти семейства содержат от 83 до 8 видов. Значительное число видов, сосредоточенных в небольшом количестве семейств, явствует о крайне сложных условиях существования исследуемой флоры [4, с. 18] и может свидетельствовать о высокодинамичных изменениях экосистем в результате создания и функционирования объектов инфраструктуры не-

Таблица 1

Спектр ведущих семейств линейно-направленных объектов нефтегазовой отрасли Ставропольского края

№ п/п	Семейство	Число видов		Число родов	
		абс.	%	абс.	%
1.	Asteraceae	83	20,1	46	18,5
2.	Poaceae	53	12,8	33	13,2
3.	Lamiaceae	34	8,2	19	7,6
4.	Brassicaceae	33	8,0	28	11,2
5.	Fabaceae	32	7,8	15	6,0
6.	Rosaceae	19	4,4	11	4,4
7.	Caryophyllaceae	14	3,4	12	4,8
8.	Boraginaceae	14	3,4	11	4,4
9.	Chenopodiaceae	13	3,2	7	2,8
10.	Scrophulariaceae	13	3,2	5	2,0
11.	Ranunculaceae	9	2,8	9	2,2
12.	Apiaceae	8	1,9	8	3,2
	Всего в первых семействах	325	79,2	204	80,3

фтегазового комплекса. Распределение видов по семействам показывает, что во флоре преобразованных экотопов крупнейшими таксонами являются семейства: Asteraceae (20,1%), Poaceae (12,8%), Fabaceae (7,8 %), Lamiaceae (8,3%), Brassicaceae (8,0%). Показательно совокупное участие видов семейств Asteraceae и Poaceae, являющееся индикатором антропогенной нагрузки и синантропизации флоры. На долю этих двух семейств в исследованной флоре приходится 32,9%. Об экстремальном характере существования флор и отношении ее к категории синантропизированных, свидетельствует индекс Asteraceae/Poaceae, который является диагностическим по отношению к степени антропогенной нагрузки на флору (чем выше индекс, тем больше нагрузка). Во флоре исследованных экотопов этот индекс составляет 1,56.

Критерием крайне сложных условий существования флоры является процентное участие семейства Brassicaceae – 8%. Это можно объяснить тем, что представители данного семейства представлены большей частью малолетними, сорными видами и приспособились на уровне жизненной формы к экстремальным условиям произрастания (многократное прохождение техники при обслуживании объектов трубопроводного транспорта). Высокий ранг семейства Brassicaceae во флоре антропогенно преобразованных экотопов, по мнению большинства исследователей, закономерен [1, с. 12; 7, с. 290]. Крупными в видовом отношении являются термофильные семейства Lamiaceae (8,3%) и Fabaceae (7,8%). Это еще раз подтверждает существующую точку зрения об экстремальных условиях флорогенеза, сложившихся вдоль магистральных коммуникационных систем. Следующие 9 семейств содержат от 6 до 4 видов, они включают 10,6% всего видового состава флоры. Из них семейства: Cyperaceae, Polygonaceae, Geraniaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Violaceae, Solanaceae, Rubiaceae, Linaceae. Резкое сокращение участия в травостое доли гигрофильного семейства Cyperaceae по трассам и коридорам объектов трубопроводного транспорта (0,97%) свидетельствует о низкой толерантности ряда представителей данного таксона к антропогенному воздействию. По 3 вида содержат 7 семейств. Из них семейства Liliaceae содержат по 3, Convolvulaceae, Dipsacaceae по 2, Aceraceae, Amarantaceae, Fumariaceae, Plantaginaceae – по 1 роду. По два вида содержат 6 семейств. Из них семейства Papaveraceae, Asclepidaceae содержат по 2, Aliliaceae, Urticaceae, Cuscutaceae, Campanulaceae – по 1 роду. Одним видом представлено 11 семейств: Commelinaceae, Iridiaceae, Cannabiaceae, Santalataceae, Portulacaceae, Paeoniaceae, Resedaceae, Polygalaceae, Hypericaceae, Apocinaceae, Ephedraceae. Всего моно- и олиготипных семейств (содержащих по 1-4 вида) насчитывается 27 (60% общего числа семейств). Они представлены 56 видами (13,6% всей исследованной флоры). Значительная доля маловидовых родов свидетельствует об экстремальности условий существования исследуемой флоры, сложном пути флорогенеза и существенной роли миграционных процессов в нем. Анализ таксономической структуры флоры полос отчуждения линейно-протяженных объектов трубопроводного транспорта Ставрополья свидетельствует, что в целом для исследованной территории лучше представлены виды, обычные для территорий с более засушливым климатом и экстремальными условиями обитания.

Анализ биоморфологического спектра показывает преобладание во флоре линейно-протяженных объектов трубопроводного транспорта Ставрополья поликарпических трав (53,2%). Повышение роли стержнекорневых (16,5%), длинно- и короткокорневищных растений (18,4) свидетельствует о присутствии нарушенных субстратов на исследуемой территории. На долю монокарпических трав во всей флоре приходится 42,5%, среди которых преобладают однолетние травы – 27,1 %. В группе монокарпических трав значительна доля адвентивной фракции –107 видов (70,3%), на аборигенную фракцию флоры приходится 68 видов (26,1%). Группа древесных растений представлена дичающими видами и «беглецами из культуры». Повыше-

ние роли видов с коротким жизненным циклом – монокарпических трав, мы объясняем, прежде всего, нестабильностью условий существования антропогенных территорий, что является своего рода адаптационной стратегией растений на уровне жизненной формы. При этом резко снижается доля видов, приходящихся на многолетники. В данных условиях получают преимущество виды с коротким жизненным циклом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Березуцкий М.А. Антропогенная трансформация флоры // Ботанический журнал. – 1999. – Т. 84 (№ 6). – С. 8-19.
2. Куксова М.А. Первые этапы вторичной восстановительной сукцессии при глубоких нарушениях почвенного покрова в Республике Калмыкия // Материалы межд. науч. конф. «Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов». Вып.2. – Элиста: Изд-во КГУ, 2005. – С. 160-162.
3. Толмачев А.И. Введение в географию растений. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1994. – 244 с.
4. Харченко Т.А. О некоторых последствиях строительства в агроландшафте магистральной трубопроводной системы // Известия Самарского научного центра РАН.– 2009. – Т. 11. – № 1(3). – С. 528-530.
5. Шадрин В.А. Флористические параметры в оценке синантропизации флоры // Сравнительная флористика на рубеже III тысячелетия: достижения, проблемы, перспективы. Материалы V рабочего совещания по сравнительной флористике. – СПб., 2000. – С. 288-300.
6. Fiori, S. M and Zalba, S. M. Potential impact of petroleum exploration and impact of petroleum exploration and exploitation on biodiversity in a Patagonian Nature Reserve, Argentina // Biodiversity and Conservation. – 2003. – V. 12 (№ 6). – P. 1261-1270.

УДК 574.3+575.17:582.736

Мартынов В.В.[1], Дорохов Д.Б.[2]
[1]Центр «Биоинженерия» РАН (г. Москва)
[2]Московский государственный областной университет

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНА *MIPS1* У РАСТЕНИЙ РОДА *GLYCINE*

V. Martynov[1], D. Dorokhov[2]
[1]Bioengineering Center of the Russian Academy of Sciences, Moscow
[2]Moscow State Regional University

IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF *MIPS1* GENE IN THE GENUS *GLYCINE*

Аннотация. На основании литературных данных и изучения базы данных нуклеотидных последовательностей NCBI были подобраны праймеры для полимеразной цепной реакции (ПЦР) амплификации у растений, принадлежащих к роду *Glycine*, фрагмента гена *MIPS1*, продукт которого принимает участие в биосинтезе фитиновой кислоты. В результате были клонированы и секвенированы 15 ампликонов. Анализ полученных последовательностей показал, что все они принадлежат гену *MIPS1* видов *Glycine max*, *G. soja* и *G. gracilis*. Сравнительный анализ полученных нуклеотидных последовательностей выявил полиморфизм их первичной структуры. Данные о нуклеотидной последовательности гена *MIPS1* и его полиморфизме у видов *G. soja* и *G. gracilis* были получены впервые.

Ключевые слова: дикорастущая соя, *Glycine soja*, генетическое разнообразие, фитиновая кислота, ген *MIPS1*, молекулярные маркеры.

Abstract. Based on the literature data and the study of nucleotide database of NCBI, the part of gene MIPS1, involved in the biosynthesis of phytic acid, was PCR amplified in plants belonging to the genus *Glycine*. The resulting amplicons (15 amplicons) were cloned and sequenced. Analysis of the sequences showed that they all belong to a gene *MIPS1* in species *Glycine max*, *G. soja* and *G. gracilis*. Comparative analysis of obtained nucleotide sequences revealed a polymorphism of their primary structure. Furthermore, data about the nucleotide sequence of gene *MIPS1* and its polymorphism in species *G. soja* and *G. gracilis* were obtained for the first time.

Key words: wild soybean, *Glycine soja*, genetic diversity, phytic acid, *MIPS1* gene, molecular markers.

Генетике биосинтеза фитиновой кислоты растениями уделяется большое внимание в связи с важностью этого химического соединения с диетологической и хозяйственно-экологической точек зрения. Проблема снижения содержания фитиновой кислоты в семенах культурных растений, и в частности сои, стоит очень остро. Однако естественных мутантов с пониженным содержанием фитиновой кислоты у культурных растений до сих пор не обнаружено. Поэтому для создания форм растений с пониженным содержанием фитиновой кислоты широко применяется искусственный мутагенез. В результате, за последние годы искусственные мутанты с пониженным содержанием фитиновой кислоты были получены у кукурузы (*Zea mays*) [8; 10], риса (*Oryza sativa*) [7], ячменя (*Hordeum vulgare*) [2; 6; 9], пшеницы (*Triticum aestivum*) [5], фасоли (*Phaseolus vulgaris*) [4] и сои (*Glycine max*) [11].

С использованием подхода прямой генетики у этих растений были идентифицированы гены, мутации в которых приводят к уменьшению содержания фитиновой кислоты в тканях растений. В частности у *G. max* было идентифицировано шесть генов, мутации в которых приводили к снижению уровня фитиновой кислоты в семенах. Первые четыре гена относятся

© Мартынов В.В., Дорохов Д.Б., 2012.
Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-04-91164ГФЕН_а.

к семейству генов, кодирующих мио-инозитолфосфатсинтазы (MIPS) – ферменты, катализирующие первый этап синтеза фитиновой кислоты. Эти четыре гена (*MIPS1-MIPS4*) экспрессируются в разных тканях растения и картированы на четырех различных хромосомах B1, G, A1 и A2, соответственно [12]. Пятый ген кодирует белок, относящийся к семейству белков множественной лекарственной устойчивости (MRPs). Он картирован на хромосомах N и L. Шестой ген кодирует инозитолфосфаткиназу (IPK), и он был картирован на хромосоме B2.

Однако природный полиморфизм этих генов у культурной и дикой сои совершенно не изучен. Между тем искусственный мутагенез часто сопряжен с потерей хозяйственно ценных признаков, всхожести и жизнеспособности у мутантов и их потомства, поэтому использование традиционной селекции при создании новых сортов с пониженным содержанием фитиновой кислоты является предпочтительным, но для этого необходимы знания о существующем в природе разнообразии генов, вовлеченных в процесс биосинтеза фитиновой кислоты. Поэтому целью данной работы было изучение полиморфизма гена биосинтеза фитиновой кислоты *MIPS1* в естественных популяциях *G. soja*, произрастающих на территории юга Дальнего Востока России и юга Китая, а также у сортов культурной сои *G. max* и вида *G. gracilis*.

Материалы и методы

Растительный материал. Образцы культурной *Glycine max* (L.) Merr. и полудикой *Glycine gracilis* Skvortz сои были получены из коллекции ВИР, а образцы дикой сои *Glycine soja* Sieb. & Zucc. были собраны сотрудниками Центра «Биоинженерия» РАН во время экспедиций на Дальний Восток России. Для целей исследования было отобрано два стародавних китайских сорта культурной сои (номера 5341 и 5382 по каталогу ВИР), два современных сорта культурной сои – Маринаата (российской селекции) и Штайн (селекции США); два образца полукультурной сои *G. gracilis* (номера, 5675 и 5776 по каталогу ВИР); четыре образца дикой сои из естественной популяции дикой сои вблизи села Екатериновка Приморского края, и три образца дикой сои, собранных вблизи поселка Камень Рыболов Приморского края. Кроме того, китайскими коллегами из Университета провинции Чжэцзян (КНР) нам была передана коллекция образцов геномной ДНК дикой сои из провинции Чжедзян (юг Китая), состоящая из 90 образцов, из которой в рабочую коллекцию были включены два образца. Таким образом, была составлена выборка образцов, относящихся к трем различным видам рода *Glycine* и происходящих из разных географических регионов. Семена растений дикой и культурной сои проращивали на чашках Петри. Проростки были высажены в почву в теплице. Растения выращивались в течение трех недель при температуре 23-25°C, влажности окружающего воздуха 20-40%, и шестнадцатичасовом искусственном освещении (с 7 до 23 часов).

Выделение ДНК. Геномную ДНК выделяли из настоящих листьев при помощи набора реагентов «SILICA plant» производства ООО компании «Биоком» по протоколу фирмы производителя. Для выделения геномной ДНК брали фрагмент настоящего листа растения площадью примерно 1 см^2 (масса около 0,1 г).

Условия ПЦР. Препараты геномной ДНК амплифицировали с праймерами MIPS-F (TGGGAAACAATGATGGTATGAATCTT) и MIPS-R (AGAATCATGTTATTCTCTGGGGCC), подобранными на основании множественного выравнивания обнаруженных в базе данных NCBI нуклеотидных последовательностей, гомологичных гену *MIPS1*. Эти праймеры амплифицировали фрагмент размером 911 п.н., включающий в себя часть экзона 7, экзон 8, экзон 9 и часть экзона 10 и, соответственно, интроны 8, 9 и 10, гена *MIPS1* (рис. 1). Программа для амплификации была следующей: 94°C – 5 мин. (первичная денатурация), затем 35 циклов, состоящих из следующих этапов: 94°C – 30 сек., 60°C – 30 сек. и 72°C – 1 мин., и финальный синтез:

72°С – 5 мин. Объем реакционной смеси составлял 25 мкл. На одну реакцию брали 50 нг геномной ДНК. Амплификацию проводили с помощью прибора GeneAmp PCR System 2700 (Applied Biosystems, Inc.,USA). Электрофоретическое разделение продуктов амплификации проводили в 1% агарозном геле в 0,5X TBE буфере.

Клонирование и секвенирование. ПЦР-продукты клонировали в вектор pAL-TA (Евроген) по протоколу фирмы производителя. Секвенирование полученных ПЦР-продуктов проводили по методу Сэнгера с помощью набора реактивов Big Dye Terminator v.3.1 (Applied Biosystems, Inc.,USA) на автоматическом секвенаторе ABI PRIZM 3730 (Applied Biosystems, Inc.,USA) согласно инструкциям производителя.

Математическая обработка данных. Для анализа полученных последовательностей и построения дендрограммы использовали компьютерные программы ClustalW 1.83, GeneDoc и Treecon.

Результаты и обсуждение

В результате выполнения настоящей работы впервые были получены данные о нуклеотидной последовательности и полиморфизме гена *MIPS1* у растений видов *G. soja* и *G. gracilis*, а для *G. max* полученные данные расширяют существующие представление о полиморфизме гена *MIPS1* у этого вида. Все полученные последовательности были зарегистрированы в базе данных NCBI под номерами JQ397312 – JQ397326. Сравнение полученных сиквенсов с нуклеотидными последовательностями гена *MIPS1* сои и последовательностями других генов этого семейства *MIPS2*, *MIPS3* и *MIPS4* сои показало, что они принадлежат именно гену *MIPS1* (рис. 2). При этом все полученные последовательности обладают одинаковой длиной и идентичной экзонно-интронной структурой между собой и с геном *MIPS1*.

В общей сложности во всех 15 последовательностях гена *MIPS1*, полученных при выполнении данного исследования, была выявлена 31 нуклеотидная замена по сравнению с консенсусной последовательностью этого гена, полученной на основе множественного выравнивания ранее известных его последовательностей (табл. 1). Распределение выявленного полиморфизма не носит видоспецифичного характера, т. е. при анализе нуклеотидных последовательностей данного участка гена *MIPS1* у видов *G. max*, *G. soja* и *G. gracilis* не выявлены межвидовые различия между ними. Это наглядно видно на дендрограмме на рис. 2, где последовательности, полученные из *G. max*, *G. soja* и *G. gracilis*, не образовали видоспецифичных кластеров. Все это свидетельствует об эволюционном консерватизме гена *MIPS1* у рода *Glycine*, который может быть обусловлен важностью данного гена для жизнеспособности растения (фитиновая кислота является основной формой фосфорсодержащих запасных веществ в семенах [1]), в силу чего мутации, нарушающие экспрессию гена *MIPS1*, элиминируются

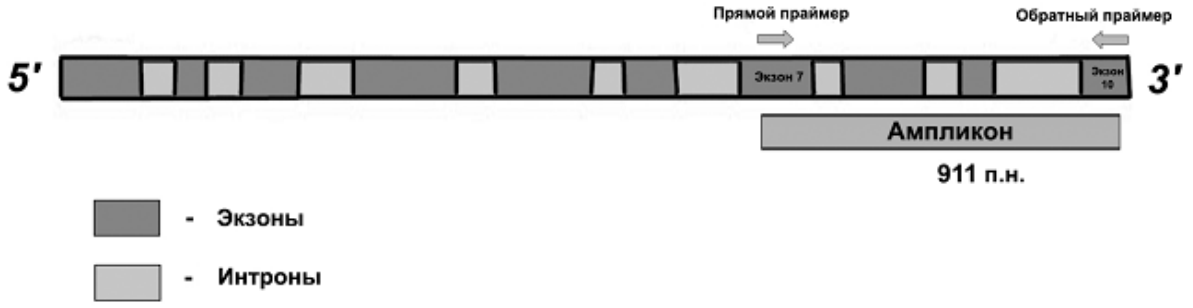


Рис. 1. Экзонно-интронная структура гена *MIPS1* сои и стратегия амплификации его фрагмента

Таблица 1

Полиморфизм нуклеотидных последовательностей гена *MIPS1*, полученных при выполнении данной работы

Ген *MIPS1*																															
	Положение																														
	3	3	4	4	4	5	6	7	7	9	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	5	5	6	6	7	8	8	8	8
	3	5	4	7	9	0	3	3	4	6	0	1	4	0	1	4	5	0	1	2	3	6	5	7	0	8	3	1	2	3	8
											6	4	2	8	5	3	0	4	9	4	6	1	7	7	2	9	4	6	8	7	2
Консенсус	C	A	C	T	C	C	A	T	T	A	T	C	T	T	T	G	A	G	A	A	T	T	A	T	T	A	T	T	G	**G**	T
Seq1 JQ397312 *G. max* ВИР 5341	T	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*
Seq2 JQ397313 *G. max* ВИР 5382	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	G	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq3 JQ397314 *G. soja* Чжедзян	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	G	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq4 JQ397315 *G. max* сорт Марината	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**C**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq5 JQ397316 *G. max* сорт Штайн	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq6 JQ397317 *G. soja* Камень Рыболов	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A	*	*	*	G	*	*	*	*	*	G	*	C	*	*	*
Seq7 JQ397318 *G. soja* Камень Рыболов	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq8 JQ397319 *G. soja* Камень Рыболов	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	G	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C
Seq9 JQ397320 *G. soja* Екатериновка	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A	*
Seq10 JQ397321 *G. soja* Екатериновка	*	*	T	A	A	*	*	A	*	*	*	T	C	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq11 JQ397322 *G. soja* Екатериновка	*	G	*	*	A	A	G	*	A	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq12 JQ397323 *G. soja* Екатериновка	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq13 JQ397324 *G. soja* Чжедзян	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq14 JQ397325 *G. gracilis* ВИР 5675	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seq15 JQ397326 *G. gracilis* ВИР 5776	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	C	*	A	*	*

* - обозначает нуклеотид, совпадающий с нуклеотидом в консенсусной последовательности.

естественным отбором. Также о консерватизме гена *MIPS1* у образцов дикой сои из географически удаленных мест произрастания свидетельствует тот факт, что последовательности гена *MIPS1* у образцов дикой сои с юга Китая обладают минимальными отличиями между собой и от консенсусной последовательности по сравнению образцами юга Дальнего Востока (табл. 1).

Тем не менее у сортов культурной сои *G. max* впервые был выявлен полиморфизм 319 A/C (табл.1). Эта замена присутствует у образца сорт Марината (JQ397315), но, кроме этого, она присутствует в двух образцах гена *MIPS1* культурной сои, описанных китайскими исследователями (EF155568 и EF155569 в базе данных NCBI), а в других последовательностях гена *MIPS1* культурной сои, известных на сегодняшний день (7 последовательностей), она отсутствует. Таким образом, наличие этой замены у трех независимых образцов, отсеквенированных в разных лабораториях, свидетельствует о том, что она не является артефактной. Эта замена является несинонимической и приводит к изменению аминокислоты в соответствующем положении с гистидина на пролин, что, в свою очередь, может приводить к изменению ак-

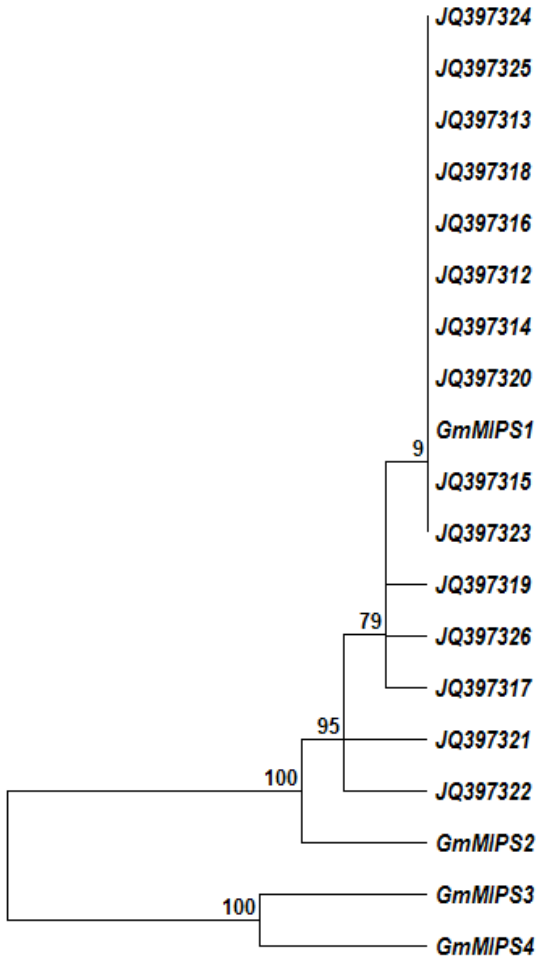


Рис. 2. Дендрограмма по результатам множественного выравнивания генов семейства *MIPS* сои и полученных последовательностей.

GmMIPS1 – GmMIPS4 - гены *MIPS1- MIPS4 G. max* (EF155568, DQ323906, DQ323907 и DQ323908, соответственно); JQ397312, JQ397313, JQ397315 и JQ397316 – последовательности, клонированные из *G. max*; JQ397314, JQ397317, JQ397318, JQ397319, JQ397320, JQ397321, JQ397322, JQ397323 и JQ397324 – последовательности, клонированные из *G. soja*; JQ397325 и JQ397326– последовательности, клонированные из *G. gracilis*.

тивности кодируемого фермента. Это делает целесообразным создание на основе этого полиморфизма ДНК маркера для изучения степени распространенности данной нуклеотидной замены у различных сортов культурной сои.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Andaya C.B., Tai T.H. Fine mapping of the rice low phytic acid (Lpa1) locus // Theor. Appl. Genet. – 2005. – V. 111. – P. 489-495.
2. Bowen D.E. A low phytic acid Barley mutation alters seed gene expression / D.E. Bowen, E.J. Souza, M.J. Guttieri, V. Raboy, Fu J // Crop Sci. – 2007. – V. 47(S2). – P. 149-159.
3. Chappell A.S. Characterization of the MIPS gene family in Glycine max / A.S. Chappell, A.M. Scaboo, X. Wu, V.R. Pantalone, K.D. Bilyeu // Plant Breed. – 2006. – V. 125. – P. 493-500.
4. Fileppi1 M. Characterisation of structural genes involved in phytic acid biosynthesis in common bean (Phaseolus vulgaris L.)/ M. Fileppi1, I. Galasso, G. Tagliabue, M.G. Daminati, B. Campion, E. Doria, F. Sparvoli // Mol. Breed. – 2010. – V. 25. – P. 453-470.
5. Guttieri M. Identification of a low phytic acid wheat / M. Guttieri, D. Bowen, J.A. Dorsch, E. Souza, V. Raboy // Crop Sci. – 2004. – V. 44. – P. 418-424.
6. Larson S.R. Linkage mapping 2 mutations that reduce phytic acid content of barley grain / S.R. Larson, K.A. Young, A. Cook, T.K. Blake, V. Raboy // Theor. Appl. Genet. – 1998. – V. 97. – P. 141-146.
7. Larson S.R. Isolation and genetic mapping of a nonlethal rice (Oryza sativa L.) low phytic acid 1 mutation / S.R. Larson, J.N. Rutger, K.A. Young, V. Raboy // Crop. Sci. – 2000. – V. 40. – P. 1397-1405.
8. Raboy V. Origin and seed phenotype of maize low phytic acid 1-1 and low phytic acid 2-1 / V.Raboy, P.F.Gerbasi, K.A. Young, S.D. Stoneberg, S.G. Pickett, A.T. Bauman, P.P.N. Murthy, W.F. Sheridan, D.S. Ertl // Plant Physiol. – 2000. – V. 124. – P. 355-368.
9. Rasmussen S.K., Hatzack F. Identfication of two low-phytate barley (Hordeum vulgare L.) grain mutants by TLC and genetic analysis // Hereditas. – 1998. – V. 129. – P. 107-112.
10. Shi J.R. The maize lowphytic acid mutant lpa2 is caused by mutation in an inositol phosphate kinase gene / J.R. Shi, H.Y. Wang, Y.S. Wu, R.B. Meeley, D.S. Ertl // Plant Physiol. – 2003. – V. 131. – P. 507-515.
11. Wilcox J.R. Isolation of high seed inorganic P, low-phytate soybean mutants / J.R. Wilcox, G.S. Premachandra, K.A. Young, V. Raboy // Crop. Sci. – 2000. – V. 40. – P. 1601-1605.
12. Yuan F.J. Generation and characterization of two novel low phytate mutations in soybean (Glycine max L. Merr.) / F.J. Yuan, H.J. Zhao, X.L. Ren, S.L. Zhu, X.J. Fu, Q.Y. Shu // Theor. Appl. Genet. – 2007. – V. 115. – P. 945-957.

РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ

УДК 542.91:547.538.

Кострюкова Т.С.[1,2], Гончарова О.А.[1], Березин М.Б.[3], Березина Н.М.[4], Семейкин А.С.[4], Васильев Н.В.[1,2]
[1]Московский государственный областной университет
[2]Государственный научно-исследовательский институт биологического приборостроения (г. Москва)
[3]Институт химии растворов имени Г.А. Крестова РАН (г. Иваново)
[4]Ивановский государственный химико-технологический университет

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ МЕТИЛЗАМЕЩЕННЫХ ДИПИРРОЛИЛМЕТЕНОВ ПЛАТИНОЙ И ПАЛЛАДИЕМ

T. Kostryukova[1,2], O. Goncharova[1], N. Berezina[3], M. Berezin[4], A. Semeikin[4], N. Vasilev[1,2]
[1]Moscow State Regional University
[2]Federal State Unitary Enterprise 'State Scientific-Research Institute of Biological Engineering', Moscow
[3]G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Ivanovo
[4]Ivavono State University of Chemistry and Technology

SPECTRAL INVESTIGATION OF COMPLEXATION OF METHYLSUBSTITUTED DIPIRROLILMETHENE WITH PLATINUM AND PALLADIUM

Аннотация. В работе представлены результаты спектрального изучения реакции комплексообразования 3,3′,5,5-тетраметил- и 3,3′,4,4′,5,5-гексаметилдипирролилметенов с платиной (II) и палладием (II) в водных и безводных растворах (ДМФА). Отмечается активное комплексообразование изученных комплексонов с палладием (II) в безводных условиях, что проявляется в изменении электронных спектров поглощения, комплексообразование платины (II) не удалось зафиксировать. Полученные комплексы палладия не проявляют активной люминесценции в условиях эксперимента.

Ключевые слова: дипирролилметены, комплексообразование, спектрофлуорометрия, платина, палладий.

Abstract. The paper presents the results of a spectral study of the complexation reaction of 3,3′,5,5-tetramethyl- and 3,3′,4,4′,5,5-hexamethyldipyrrolylmethens with platinum (II) and palladium (II) in aqueous and non-aqueous solutions (DMFA). We have observed active complexation of the studied complexes with palladium (II) in non-aqueous solutions, which manifests itself in changes in the electronic absorption spectra. At the same time, we have failed to fix complexation of platinum (II). The resulting complexes of palladium are not active in the luminescence experiment.

Key words: dipyrrolylmethens, complexation, spectrofluorimetry, platinum, palladium.

© Кострюкова Т.С., Гончарова О.А., Березин М.Б., Березина Н.М., Семейкин А.С., Васильев Н.В., 2012.

Дипирролилметены как активные хелатирующие лиганды в последнее время широко исследуются в координационной, супрамолекулярной и аналитической химии, медицине, а также химии полимеров и красителей. Разнообразие областей применения этих соединений обусловлено, главным образом, их хелатирующей способностью по отношению к ионам d-металлов, а также их высокой подвижностью и сравнительно высокой растворимостью в органических и водных средах [2]. Хелатные свойства дипирролилметенов обусловлены наличием двух противоположных по природе функциональных центров, содержащих атомы азота: протонодонорного (N-H) и электронодонорного (=N:). Судя по литературным сведениям, в металлокомплексах дипирролилметен находится в виде моноаниона, образуя устойчивые ковалентные и донорно-акцепторные связи с катионом металла [3; 8]. При этом степень ионности связей в известных комплексах не устанавливалась.

Одной из основных областей прикладного применения циклических олигопирролов (порфиринов и др.), а также их гетероаналогов (фталоцианинов и др.), является применение комплексных соединений с этими лигандами в иммунофлуоресцентном медико-биологическом анализе в качестве долгоживущих люминесцентных меток [5; 6; 7]. При этом мечение достигается применением комплексов с платиной(II) и палладием(II), которые обеспечивают ауксохромные свойства в спектрах электронного поглощения (ЭСП) и, что наиболее важно, люминесценцию с высокими квантовыми выходами и значительной временной задержкой (~40-100 мкс) [9]. Интересным вопросом является возможность комплексообразования платины (II) и палладия (II) с дипирролилметенами, предшественниками порфиринов, поскольку образующиеся комплексы структурно подобны порфириновым комплексам платины и палладия. В настоящей работе предпринято спектральное изучение такого комплексообразования.

Оборудование, аппаратура, растворители, реактивы

В работе использовались стандартные приборы и стеклопосуда. Спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре UV-1650PC фирмы Shimadzu, спектры возбуждения и эмиссии люминесценции – на флюориметре Perkin Elmer LS-5B и на спектрометре «Varioscan Flash» фирмы «Thermofisher Scientific». При проведении экспериментов использовали следующие реактивы:

$H_2[PtCl_4]$ – тетрахлороплатинат (II) водорода получен по методу, приведенному в [4];

$H_2[PdCl_4]$ – тетрахлоропалладат (II) водорода получен по методу, приведенному в [4];

$PtCl_2$ – хлорид палладия производства ОАО «Аурат»;

$PdCl_2$ – хлорид палладия производства ОАО «Аурат»;

HCl – соляная кислота ОСЧ «36 - 4» «БАУМ ЛЮКС»;

$(N_2H_5)_2SO_2$ – сульфат гидразина производства «Aldrich»;

Na_2SO_3 – производства «Реахиим»;

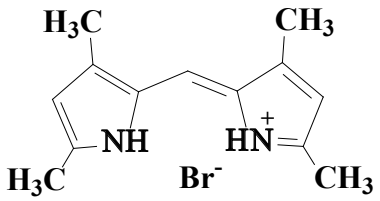
диметилформамид – производства «Sigma».

Лиганды I и II (рис. 1) синтезировали согласно известным методикам.

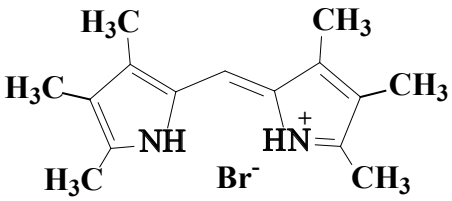
Реакцию комплексообразование исследовали в растворах бидистиллированной воды и диметилформамиде (DMFA) «Sigma».

Методика проведения эксперимента

1) Изучение комплексообразования лигандов I и II с платиной и палладием в водной фазе (спектрофотометр UV-1650PC, Shimadzu). К 6 мл водного раствора лиганда I или II (10^{-5} моль/л) при перемешивании при комнатной температуре прибавляли 3 мл раствора соответствующего тетрахлорокомплексного соединения или дихлорида платины или палладия ($5*10^{-6}$ моль/л). Сразу после смешивания реагентов регистрировали спектры поглощения (рис. 2, 3). Спектр раствора не изменялся через 60 минут.



3,3′,5,5′-Тетраметил-2,2’-дипирролил-метен гидробромид (лиганд I)



3,3′,4,4′,5,5′-Гексаметил-2,2’-дипирролил-метен гидробромид (лиганд II)

Рис. 1. Структурные формулы используемых в работе лигандов

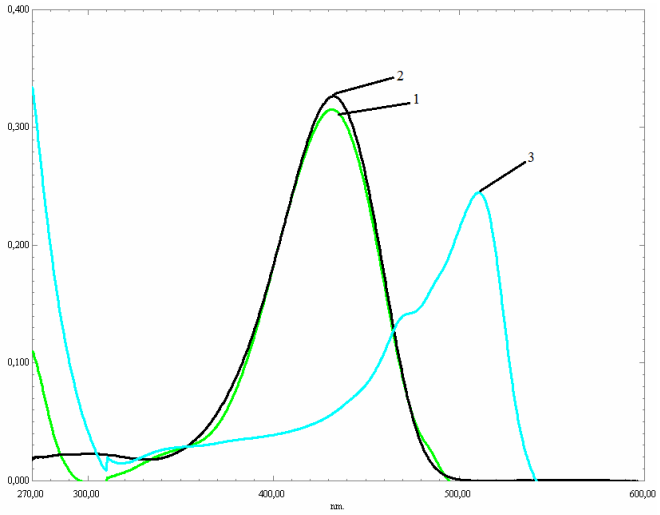


Рис. 2. Спектр поглощения раствора лиганда I (1), лиганда I в присутствии тетрахлороплатината (II) водорода (2) и тетрахлоропалладата (II) водорода (3)

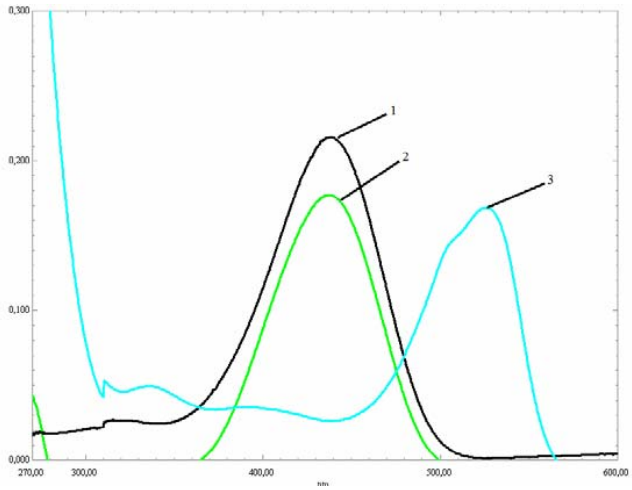


Рис. 3. Спектр поглощения раствора лиганда II (1) и лиганда II в присутствии тетрахлороплатината (II) водорода (2) и тетрахлоропалладата (II) водорода (3)

2) Изучение комплексообразования лигандов I и II с платиной и палладием в ДМФА (спектрофотометр UV-1650PC, Shimadzu). К 4 мл раствора лиганда I или II (10^{-5} моль/л) при перемешивании при комнатной температуре прибавляли 2 мл раствора дихлорида платины или палладия ($5*10^{-6}$ моль/л) и сразу после смешения реагентов снимали спектр поглощения (рис. 3, 4). В случае платины спектр не изменился и через 60 минут, в случае палладия спектр через 60 минут изменился (рис. 4, 5).

3) Изучение люминесценции лигандов I и II с платиной и палладием в водных растворах и в ДМФА (микропланшетный ридер Varioscan Flash, Thermofisher Scientific, спектрофлуориметр LS-5B, Perkin Elmer). Спектры эмиссии полученных в опытах 1 и 2 растворов лигандов в присутствии ионов платины и палладия изучали в отсутствии и присутствии сульфита натрия Na_2SO_3. Для этого перед снятием спектров к растворам прибавляли 0,1 г твердого сульфита натрия. Люминесценция не была зафиксирована ни в одном эксперименте.

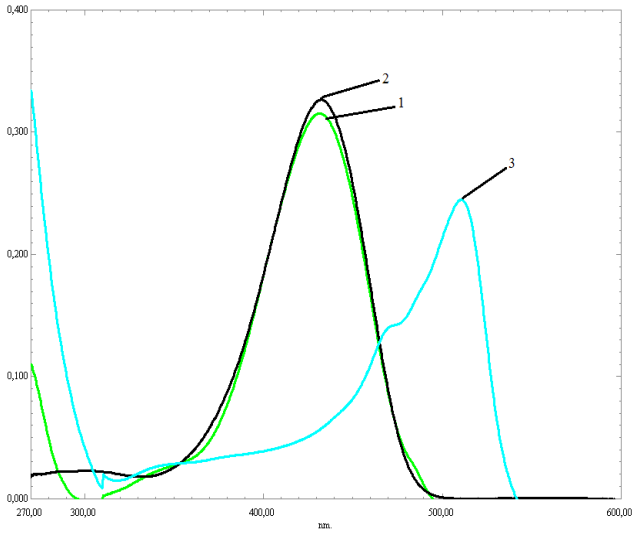


Рис. 4. Спектр поглощения в ДМФА лиганда I (1), лиганда I с раствором хлорида платины (2) и с раствором хлорида палладия (3) (через 60 мин.)

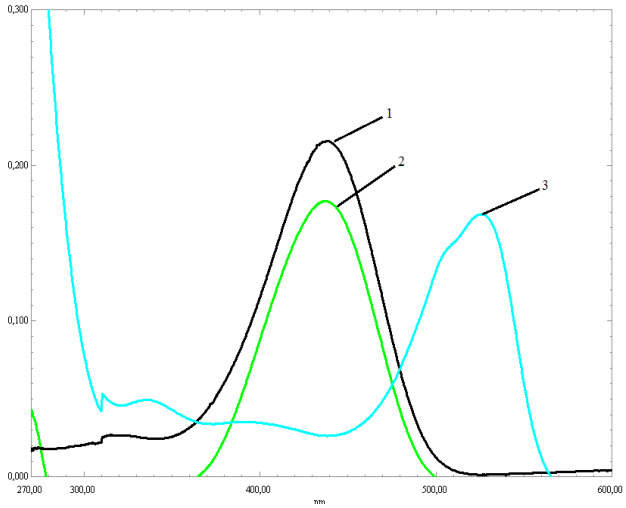


Рис. 5. Спектры поглощения в ДМФА лиганда II (1), лиганда II с раствором хлорида платины (2) и с раствором хлорида палладия (голубой) (3).

Результаты и обсуждение

Комплексообразование дипирролилметенов I и II оценивалось по изменению спектров поглощения. Судя по спектрам поглощения смеси водных растворов лигандов I и II с тетрахлороплатинатом (II) водорода и с тетрахлоропалладатом (II) водорода, существенных отличий в спектрах поглощения от исходных лигандов не наблюдалось. Такие же результаты получены и при использовании дихлоридов металлов. Спектры не изменялись и после нагревания смесей в течение одного часа (90°С). По всей видимости, в водных растворах комплексообразование реагентов не наблюдается. Дополнительным подтверждением отсутствия комплексообразования является отсутствие люминесценции в характерных для порфириновых комплексов палладия и платины областях.

В связи с тем, что при комплексообразовании должен выделяться бромоводород, казалось целесообразным изучить реакции в растворителе электронодонорного типа – диметилформамиде (ДМФА), который относится к группе сильно координирующихся растворителей (DN=26,6) [10]. Оказалось, что при введении водных растворов реагентов в ДМФА комплексообразование, судя по спектрам поглощения, не наблюдается, несмотря на то, что концентрация воды в таких смесях не превышала 0,01%. В безводных условиях при проведении реакции в ДМФА лиганда I с хлоридом платины комплексообразование также не наблюдается (рис. 4). При взаимодействии лиганда I с хлоридом палладия в безводных условиях в спектрах поглощения произошли существенные изменения, которые зафиксированы через 60 минут после смешивания реагентов. Так, полосы поглощения сместились в длинноволновую область на ≈90 нм, кроме того, появилось «плечо», которое свидетельствует об усложнении электронного строения. Таким образом, в результате взаимодействия реагентов предполагается образование комплекса следующего строения (рис. 6).

При проведении комплексообразования в ДМФА лиганда II с хлоридом платины реакция не наблюдается, как и в случае с лигандом I (рис. 4), а реакция лиганда II с хлоридом палладия эффективно осуществляется с длинноволновым смещением и усложнением спектра, что свидетельствует об образовании комплексного соединения (рис. 7).

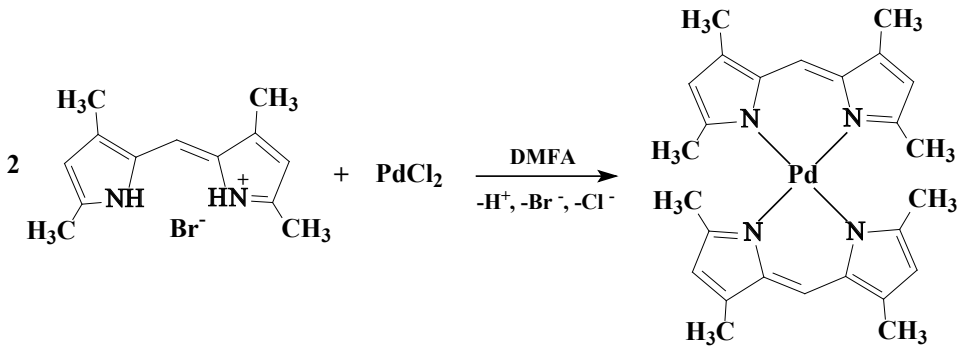


Рис. 6. Схема образования комплекса палладия с лигандом I в ДМФА

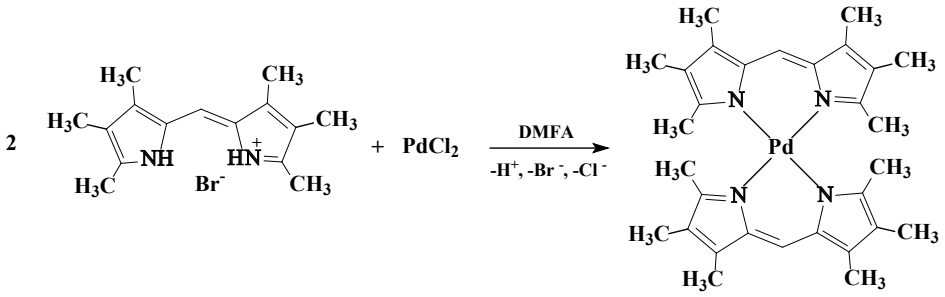


Рис. 7. Схема образования комплекса палладия с лигандом II в ДМФА

Следует отметить, что в спектрах эмиссии смесей растворов реагентов не выявлено сколько-нибудь значимой люминесценции. Это оказалось справедливым и для комплексообразования дипирролилметенов с палладием, которое эффективно осуществляется в ДМФА, судя по спектрам поглощения. Известно, что люминесценция комплексов платины и палладия «гасится» в присутствии кислорода воздуха [9], в связи с этим нами предпринималось удаление кислорода при действии сульфита натрия, однако и в этом случае люминесценция не наблюдалась. Такой результат может свидетельствовать о значительном ионном вкладе в образующиеся координационные связи комплексов, и существенных длин этих связей. На основании проведенного исследования следует сделать заключение о том, что дипирролилметены как лиганды «открытого типа» плохо моделируют свойства порфиринов и фталоцианинов (проявляющих макроциклический эффект [1]) при комплексообразовании с платиной и палладием.

Таким образом, комплексообразование платиной (II) и палладием (II) с дипирролилметенами не осуществляется в водных растворах или в присутствии воды. Однако комплексообразование палладия (II) происходит в безводных условиях в ДМФА в системе дипирролилметен- $PdCl_2$. Это фиксируется по характерному длинноволновому преобразованию полосы поглощения лиганда в полосу комплекса, реализующемуся в результате ауксохромного эффекта иона металла на хромофорную сопряженную систему дипирролилметена.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Березин М.Б., Березин Б.Д. Макроциклический эффект как особый вид пространственного экранирования // Журн. физ. химии. – 1989. – Т. 63 (№ 12). – С. 3166-3181.

2. Березин М.Б. Изучение термодинамики реакций комплексообразования солей меди (11) и цинка (К) с дипирролилметенами в н-пропаноле / М.Б. Березин, Н.А. Пашанова, Е.В. Антина, А.С. Семейкин // Координационная химия. – 1999. – Т. 25 (№ 9). – С. 704-707.
3. Березин М.Б. Термохимия сольватации хлорофилла и родственных соединений. – М.: Красанд, 2008. – 256 с.
4. Брауэр Г. Руководство по неорганическому синтезу: в 6 т. / Г. Брауэр [и др.]. – М.: Мир, 1985. – Т. 5. – 360 с.
5. Кострюкова Т.С., Васильев Н.В. Перспективы развития химии реагентов для иммунофлуоресцентного анализа и клинической диагностики заболевании // Вестник МГОУ. Сер. Естественные науки. – 2011. – № 5. – С. 54-59.
6. Ломова Т.Н. Основы синтеза и механизмы химических превращений порфиринов и их аналогов: текст лекций. – Иваново: ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол.ун-т, 2006. – 78 с.
7. Миронов А.Ф. Методы получения природных порфиринов и их аналогов // Порфирины: структура, свойства, синтез / под ред. Н.С. Ениколопяна. – М.: Наука, 1985. – 299 с.
8. Семейкин А.С. Взаимосвязь строения и сольватационных характеристик алкилзамещенных дипирролилметенов / А.С. Семейкин, М.Б. Березин, О.М. Чернова и др. // Изв. РАН. Сер. хим. 2003. – № 8. – С. 1712-1718.
9. Monosubstituted phosphorescent metalloporphyrin labeling reagents – syntheses and applications in bioanalysis / A.E.Soini // Turun Yliopiston Julkaisuja. Annales Universitatis Turkuensis. Ser. A.1. – 2003. – № 306.
10. Rottel R. Dielectric relaxation and molecular motions in liqwids // Ber. Bunsenges. Phys. Chem. – 1971. – Bd. 75. – P. 286-294.

УДК 66.0992.002.237

Макаренков Д.А., Назаров В.И.
Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ) (Университет машиностроения)

РОЛЬ СВЯЗУЮЩИХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК И ПРОЦЕССА МЕХАНОАКТИВАЦИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ

D. Makarenkov, V. Nazarov
Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI) (Mechanical Engineering University)

INFLUENCE OF BINDING AGENTS, TECHNOLOGICAL ADDITIVES AND CRUSHING PROCESESS ON PRODUCTION OF TARGET PRODUCTS FROM WASTE

Аннотация. Приведены результаты исследований по использованию связующих, поверхностно активных веществ и механических методов воздействия применительно к многокомпонентным полидисперсным материалам. Рассмотрены механизмы при «сухом» и «влажном» гранулировании в зависимости от количества вводимого связующего. Выявлены три характерных вида распределения жидкости (связующего) в зависимости от количественного соотношения жидкой и твердой фаз. Составлена таблица технологических связующих применительно к перерабатываемым шихтам, приведены критерии, характеризующие эффективность процесса гранулирования.

Ключевые слова: Связующее, фаза, механическое воздействие, метод гранулирования.

Abstract. We present the results of the research on use of binding agents, superficially active substances and mechanical methods of influence with reference to multicomponent polydisperse materials. We consider mechanisms of ‘dry’ and ‘damp’ granulation depending on the quantity of the introduced binding agents. Three characteristic types of liquid (binding agent) distribution are found, depending on a quantitative ratio of liquid and solid phases. The table of technological binding agents with reference to processed powders is composed, and criteria characterizing efficiency of a granulation process are presented.

Key words: binding agent, phase, mechanical influence, granulation method.

В производстве стекла, строительных материалов, органоминеральных удобрений, ферментных фармацевтических препаратов, топливных гранул (пелет), а также других продуктов используются полидисперсные и многокомпонентные шихты и порошки. Для экономии дорогостоящих компонентов (например, оксидов бора и свинца) и снижения вредных (пылевидных) выбросов в атмосферу (соединений кальция и сурьмы) в шихту вводят хвосты рудопромывки и шлаки, которые являются вторичными материальными ресурсами (ВМР). Вводимые ВМР имеют более крупный грансостав и не пылят. Кроме того, после компактирования и загрузки этих шихт в гранулированном виде снижается температура и время варки шихты, поскольку эти материалы уже прошли стадию термообработки. Такие ВМР, как отработанный кизельгур, пивная дробина являются основными отходами пивоваренной промышленности и используются в производстве строительных материалов и кормовых добавок. В составе ВМР часто присутствуют кремнеземистые материалы (кварц, песок), подвергающиеся при высокой температуре полиморфным превращениям. При получении из таких шихт с ВМР гранулированных продуктов требуются высокие удельные давления и энергозатраты.

© Макаренков Д.А., Назаров В.И., 2012.

Ввод добавок и связующих, механоактивация материалов придают шихте пластичность, связность, обеспечивает полное смачивание поверхности частиц влагой и снижает их твердость [2; 4]. За счет механоактивации увеличивается удельная поверхность дисперсной среды, что позволяет контролировать количество вводимого связующего и способствует полиморфным превращениям в шихте (например, увеличение количества лимонно-растворимого P_2O_5 при измельчении исходного сырья). Ввод в шихту связующего также позволяет переводить её из исходного состояния в новое, с заданными реологическими свойствами. Получив заданный набор структурно-деформационных характеристик шихты, соответствующий параметрам той или иной реологической модели среды, можно управлять свойствами шихт на разных стадиях их переработки, тем самым выбирая наиболее эффективный метод гранулирования. В различных методах гранулирования порошковых и зернистых материалов исходная влажность шихты меняется от 0,5 до 40%, а водопоглощение пористых материалов может достигать 300%. Процесс уплотнения таких «сухих» или «влажных» шихт, является многостадийным и осуществляется методами окатывания, компактирования или экструдирования. Рассмотрим подробнее механизмы при «сухом» и «влажном» гранулировании.

«Сухое» или граничное гранулирование определяет группу процессов, состоящих в связывании сухих частиц адсорбированными на их поверхностях тонкими слоями жидкости. Механизм гранулообразования при окатывании на тарели или в барабане определяется особыми свойствами граничных слоёв смоченных частиц. В первую очередь они различаются концентрацией молекул или ионов в слое и иной молекулярной структурой слоя на расстоянии порядка 0,01 мкм от поверхности. При этом силы молекулярного и электростатического характера подчиняются законам, отличающимся от законов притяжения Ван-дер-Ваальса, и обеспечивают гораздо более прочную связь частиц. Поверхностные взаимодействия между мелкодисперсными частицами определяются вязкостью жидкости и её количеством в объеме и в тонком граничном слое. Установлено, что для каждой жидкости характерна своя величина предельной толщины слоя (от 0,05 до 0,1 мкм), при уменьшении которой жидкость переходит в квазитвердое или квазикристаллическое состояние [3; 8]. Адсорбционные слои жидкости, образующиеся на поверхности контактирующих тел, также обладают свойствами, отличающимися от свойств жидкости в объеме: большей прочностью на сдвиг и повышенной вязкостью. Вязкость граничного слоя $\mu_г$ в несколько раз превышает объемную $\mu_{об}$. Безразмерный коэффициент граничного загущения для оценки изменения свойств адсорбционных слоев жидкости может быть определен по формуле Г.И. Фукса:

$$\Psi = (\tau_{отр.} F_{отр})/\mu, \qquad (1)$$

где: $\tau_{отр}$ - время отрыва слоя жидкости с поверхности твердого тела, сек; $F_{отр}$ – сила отрыва в расчете на единицу площади, н/м^2; μ – динамическая вязкость жидкости, н·сек/м^2.

Область, для которой наиболее существенным фактором, определяющим прочность гранул, являются адсорбционные силы, занимает промежуточное положение между сухим гранулированием, где определяющими являются силы Ван-дер-Ваальса, и влажным, где гранулообразование определяется капиллярными силами. Влажное гранулирование ($W_{исх}$=15-35%) характеризуется взаимодействием жидкости и сухих частиц. В зависимости от количественного соотношения твердой и жидкой фаз и условий проведения процесса возможны разнообразные варианты связывания частиц в гранулы [2; 4]. Так, например, при гранулировании стеклошихты на тарели частицы сближаются, избыточная влага выдавливается на её поверхность, а структура гранулы становится более плотной. Под действием центробежных сил, возникающих при вращении гранулятора, и сил поверхностного натяжения водных пле-

нок мелкие агломераты вырастают в более крупные и при определенных условиях становятся ядрами – так называемыми источниками гранулообразования. В дальнейшем неувлажненные (сухие) частицы наслаиваются на смоченные ядра. Если размеры капли велики, то образуются ядра-зародыши диаметром 3-5 мм, но механизм укрупнения гранулы остается тем же. Дальнейшее уплотнение структуры гранул происходит за счет сил взаимодействия между частицами в плотных динамических слоях.

Размер гранулы в значительной мере определяется числом её прохождений через зону увлажнения и характером распределения влаги в агломерате. Выявлены три характерных вида распределения жидкости (связующего) в зависимости от количественного соотношения жидкой и твердой фаз (рис. 1). При манжетном распределении жидкость находится только в зоне контакта частиц материала, образуя при этом дискретные, двояковогнутые кольца (рис. 1а). В сетчатом варианте жидкость находится в материале в виде сетки, а манжеты из неё соединены между собой краями (рис. 1б). При капиллярном механизме все поры между частицами мелкодисперсного материала заполнены жидкостью (рис. 1в).

Как видно из рис. 1а, если жидкости мало, она распределена дискретными разобщенными линзами (или мостиками) в точках соприкосновения частиц. Здесь имеет место капиллярно разобщенное состояние, или состояние защемленной жидкости. При увеличении количества жидкости она втягивается порами вследствие их капиллярности, и мостики сливаются между собой. При слиянии жидкостных мостиков создаются условия для непрерывного перехода от одной точки жидкой фазы к другой. Если жидкость полностью обволакивает сухие частицы (например, при прохождении через факел форсунки), то сила связывания частиц в этом случае определяется силой поверхностного натяжения жидкости на границе с воздухом. Такое состояние является предельным и временным, так как жидкость будет вновь смачивать другие частицы, тем самым открывая частицы и поры, прежде скрытые ею. При влажном гранулировании одновременно действуют оба механизма связывания частиц в гранулы: посредством жидкостных мостиков и капиллярного разрежения в порах. Мостики из твердой фазы образуются при гранулировании многокомпонентных шихт за счёт введения связующего различной химической природы. В зависимости от вида процесса и свойств шихты, связующее может вводиться в расплавленном состоянии или в виде суспензии, которая при высыхании влаги скрепляет суспензированными частичками исходные материалы. При получении безобжигово силикатного гравия перспективно использование высококонцентрированных вяжущих систем (ВКВС) на основе

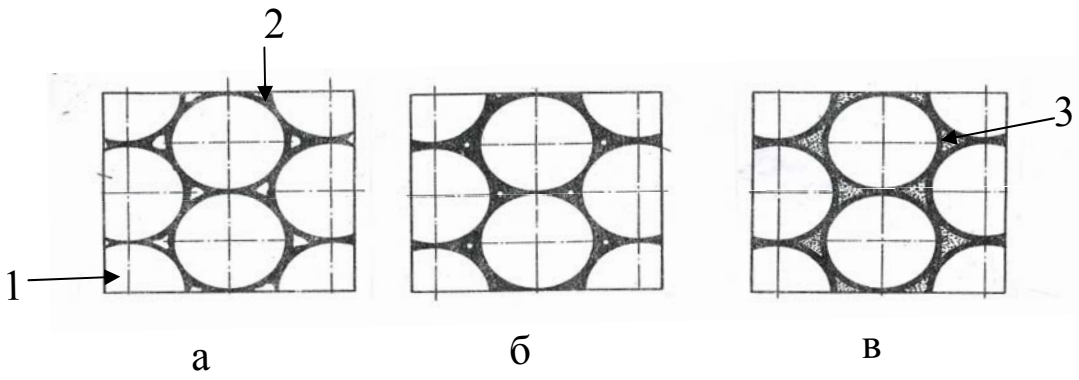


Рис. 1. Схема распределения связующего в гранулируемой шихте:
1 – зерно; 2 – воздух; 3 – жидкость; а – манжетное, б – сетчатое, в – капиллярное

нанодисперсных частиц [7]. ВКВС представляет собой минеральные водные суспензии, получаемые при мокром измельчении природных кремнеземистых, алюмосиликатных материалов или отходов на их основе. Ввод в вяжущую систему определенного количества механоактивированных нанодисперсных частиц, полученных при повышенной температуре, позволяет регулировать эффективность гранулирования.

Для повышения прочности гранул часто используют строительные неорганические смеси, которые смешиваются с водой, образуя пластифицированную массу, затвердевающую на воздухе в прочное камневидное тело. Такие связующие, как гашеная и негашеная известь, гипс, цементный клинкер, глины за счет процесса цементации упрочняют пространственную структурную сетку материала, не меняя при этом основных свойств конечного продукта. Сродство обрабатываемого дисперсного материала и связующего определяется энергией смачивания, которая может быть охарактеризована его гидрофильностью или гидрофобностью. В зависимости от природы твердого тела и выбирается тип связующего. Выбор связующего и метода гранулирования также определяются дисперсностью и пластичностью агломерируемых порошков, гетерогенностью химических реакций и термолабильностью продукта. Так, например, термо- и механолабильность ферментных и фармацевтических препаратов (ФП) накладывает ограничения на использование повышенных температур и давлений в процессе гранулирования. Это делает гранулирование окатыванием более привлекательным по сравнению с прессовым гранулированием. При окатывании конечный продукт, как правило, имеет форму, близкую к сферической, характеризуется высокой прочностью, сыпучестью, не пылит и не слёживается. Рассмотрим некоторые особенности процесса гранулирования таких продуктов. Высокая дисперсность и большая удельная поверхность порошковых ФП позволяет получать прочные влажные гранулы. Зависимость прочности влажной гранулы от дисперсности составляющих её частиц определяется уравнением Румпфа для идеально пористого тела, состоящего из сферических частиц одинакового размера [9]:

$$\sigma = \frac{(1-\varepsilon)\cdot k}{\pi}\cdot\frac{H}{d^2}, \qquad (2)$$

где: σ – прочность комка на разрыв, Па; ε – объемная доля пустот в общем объеме комка; d – средний эффективный диаметр зерен, м; k – среднее координационное число, то есть среднее число точек контакта сферического зерна со смежными зёрнами; H – сила сцепления зерен в одном контакте, H.

Растворимость отдельных компонентов ферментных препаратов обусловливает упрочнение гранул в процессе их сушки в результате образования кристаллических мостиков, связывающих зерна каркаса гранулы. В тех случаях, когда ферментный препарат, например сычужный фермент, доводится до стандартной активности хлоридом натрия (пищевой поваренной солью), кристаллы соли играют роль прочного каркаса гранулы, заполнителем в которой является мелкодисперсный ферментный порошок. Кроме того, в таких препаратах за счет кристаллического хлорида натрия улучшается их сыпучесть. При гранулировании ФП необходимо учитывать ряд особенностей их свойств и тип происхождения. Так, в препаратах микробиального происхождения содержится большое количество балластных веществ, в том числе органические остатки питательной среды, минеральные соли, клеточные стенки бактерий-продуцентов. Препараты животного происхождения содержат частицы эпителия органов, из которых они были получены. Нами установлено, что вещества, содержащиеся в ферментных препаратах, имеют различную смачиваемость связующими (водой и водными растворами высокомолекулярных веществ). Краевой угол смачивания находится в пределах от 0° (полное смачивание) до 80°. Такая неоднородность обусловливает различную прочность связи частиц в грануле

и, соответственно, ведет к общему понижению структурной прочности гранул.

Микроскопические исследования показали, что при смачивании ФП водой и водными растворами высокомолекулярных веществ в двухфазной системе образуется третья фаза – пузырьки газа размером до 90 мкм (рис. 2). Их появление объясняется десорбцией газа, изначально сорбированного на отдельных компонентах ФП. Количество пузырьков достаточно велико, что приводит к появлению еще одной структурной неоднородности, отражающейся как на пластичности влажной гранулы, так и на пористости и прочности конечного продукта. Избавиться от этой неоднородности можно предварительным нагревом порошка, однако высокая термолабильность фермента не позволяет этого сделать.

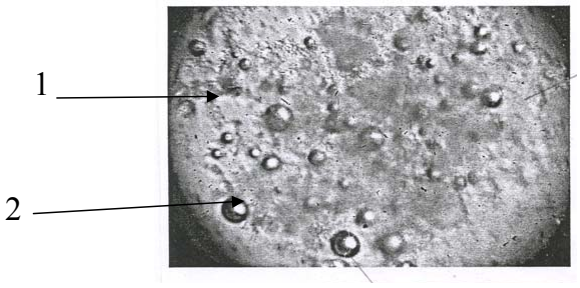


Рис. 2. Микроструктура гранулированного фермента после окатывания на тарели:
1- поверхность гранулы; 2- пузырьки воздуха

При гранулировании окатыванием минерального сырья, например железорудных и фосфоритных материалов или минеральных удобрений, в капиллярах формирующихся окатышей находится вода или водный раствор соли. В случае ФП капиллярная влага представляет собой раствор высокомолекулярного вещества – белкового фермента. Как следствие, поровый раствор имеет более высокую вязкость по сравнению с исходным связующим. При гранулировании вязкость увеличивается, в результате снижается скорость капиллярной пропитки и увеличивается вязкость всей структуры гранулы, что может затруднять её формование в процессе окатывания.

Одной из стадий механизма гранулообразования и роста гранул из мелкодисперсных порошков является получение прочных зародышевых центров. В дальнейшем они становятся центрами роста гранул и растут до определенного размера в результате наслоения мелких частиц материала или агломерации с аналогичными зародышами. Механизм образования центра роста гранул при влажном гранулировании несколько отличается для материалов различной природы и дисперсности и определяется характером подачи связующей жидкости в слой гранулируемого порошка. Кинетику гранулообразования можно описать следующим образом. В ходе гранулирования ФП подача связующей жидкости (например, воды) осуществляется в виде крупных или мелких капель на слой воздушно-сухого материала. При попадании капли связующей жидкости на слой мелкодисперсного препарата (размер частиц от 1 до 10 мкм), находящегося в движущемся грануляторе, она взаимодействует с ним, как с гидрофобным материалом, то есть частица связующего скатывается с наклонной поверхности слоя материала. Одновременно за счет контакта жидкости с порошком частицы смачиваются. Силы поверхностного натяжения, с одной стороны, и недостаточная прочная связь частиц между собой, с другой стороны, обусловливают внедрение частиц препарата в текучую структуру капли. Скорость этого процесса невелика из-за высокой дисперсности порошка и наличия в нем компонентов с невысокой смачиваемостью. Следствием внедрения в структуру капли частиц ФП является изменение её механофизических свойств, в частности вязкости. Вязкость η дисперсной системы (золя, суспензии) увеличивается с ростом содержания объемной концентрации частиц дисперсной фазы и описывается формулой Эйнштейна [1]:

$$\eta = \eta_0 \cdot (1 + K\upsilon_{об}), \qquad (3)$$

где: η, η_0 – вязкость суспензии и чистой дисперсионной среды; К – коэффициент, зависящий от формы частиц, для сферических

частиц K=2,5; $\upsilon_{об} = V_д/V$ – **объемная концентрация** дисперсной фазы ($V_д$) в общем объеме системы (V). Формула (3) справедлива, если величина $\upsilon_{об}$ не превышает 6%. При увеличении концентрации до 30% можно использовать формулу

$$\eta = \eta_0 \cdot (1 + 2{,}5 \cdot \upsilon_{об} + 14{,}7 \cdot \vartheta_{об}^2). \qquad (4)$$

Постепенно структура капли становится всё плотнее, а эффективная вязкость увеличивается настолько, что прекращается внедрение порошка внутрь капли и она начинает расти за счет наслоения частиц сухого материала на свою поверхность. В этот момент можно говорить о начале процесса роста гранулы и уплотнения её структуры в результате механических воздействий. При уплотнении на поверхность гранулы выходит часть внутренней влаги, которая обусловливает её дальнейший рост при отсутствии подвода связующего извне. Ограниченность внутренних ресурсов свободной влаги и малая скорость пропитки определяют плотный характер укладки на поверхности гранулы. В результате гранула имеет рыхлую сердцевину и плотную, менее влажную оболочку. Плотная оболочка гранулы характеризуется низкой пластичностью и препятствует значительным пластическим деформациям. Для получения гранулы сферической формы малого размера (2-3 мм) необходимо обеспечить ее формирование ещё на стадии внедрения частиц порошка в каплю связующей жидкости. Упрочнение гранул с заданным гранулометрическим составом можно обеспечить, устанавливая внутри тарели механоактиватор или вводя на последней стадии керамические шары. Воздействие активатора и шаров позволяет получать гранулы с требуемыми характеристиками. Необходимо отметить, что при получении гранулированных целевых продуктов на основе ВМР использование технологических связующих и добавок снижает в системе межчастичное трение, изменяет ее пластичность, смачиваемость, сцепление частиц и соответственно прочность получаемых гранул. Регулируя подачу связующего и место его ввода на поверхность тарели, можно прогнозировать размеры гранул.

По результатам собственных исследований гранулирования широкого класса многокомпонентных полидисперсных материалов (МПМ), таких, как стекольные, стеклообразующие и эмалевые шихты, золошлаковые отходы, пористые материалы (перлит, микротальк, углеродсодержащие адсорбенты), пылевидная глина, древесные и растительные отходы (пелеты), органоминеральные удобрения (ОМУ), наполнители на основе оксидов титана, ферментные и фармацевтические препараты и БАД была составлена табл. 1 технологических связующих. Кроме жидких связующих, при гранулировании используют твердые добавки (ТД). Они применяются для устранения слеживаемости на стадии подготовки шихты, взаимодействуя на активные центры её образования. Твердые связующие, обладающие клеящими свойствами, используются в качестве пластификаторов для увеличения прочности уплотненного продукта. Для интенсификации процесса гранулирования шихты с ТД подвергают термонагреву, придавая смеси новые реологические свойства.

Для оценки гранулируемости МПМ используют различные подходы. В основном они оценивают возможность возникновения физико-химических форм связи шихты со связующим. Так, например, показателем гранулируемости в целом как на стадии смешения (подготовки) шихты, так и окатывания является критерий комкуемости [2; 4]:

$$K = ММВ / (МКВ - ММВ), \qquad (5)$$

где: МКВ – максимальная капиллярная влагоемкость, ММВ - максимальная молекулярная влагоемкость. Возможность гранулирования стекольных, эмалевых шихт и золошлаковых отходов оценивается по числу формуемости [6]

$$E_ф = (G_{г.к.} + G_{пк}) / (G_{о.м.} + G_{SiO2}), \qquad (6)$$

где: $G_{г.к.}$, $G_{пк}$, $G_{о.м}$, G_{SiO2} – соответственно

Таблица 1

Технологические связующие в процессах гранулирования МПМ

Характер межчастичных связей	Типы связующих	Стадия гранулирования/ метод гранулирования	Перерабатываемые материалы
Поверхностные силы и капиллярное воздействие. Поверхностное натяжение пленки жидкости	Вода, водные суспензии бентонита и глины, гель диоксида кремния	Подготовительная стадия / стихийная агломерация, окатывание	Стекольные и эмалевые шихты, золошлаковые отходы. Пылевидная глина
Адгезионные и когезионные силы в мостиках связующего с ограниченной поверхностью. Образование гидрофобного покрытия на поверхности пористых частиц	Органическеие вещества: водные растворы лигносульфонатов, лигнопаны, кремнеорганические гидрофобизирующие соединения; поливиниловые спирты. Неорганические связующие: сульфат магния, сульфат калия	Окатывание, компактирование, прокатка через фильеру	Стекольные и эмалевые шихты; пористые материалы; древесные отходы, ферментные препараты, ОМУ, золошлаковые отходы, комбикорма
Образование твердофазных мостиков между частицами	Органические соединения: водные растворы лигносульфонатов, лигнопанов. Неорганические связующие	Компактирование; прокатка и экструзия через фильеру	Стекольные, стеклообразущие и эмалевые шихты; древесные и растительные отходы, углеродсодержащие отходы

массовая доля гигроскопичных, пластичных компонентов и оксидов металлов, песка, %. Для классификации шихт по их склонности к формуемости предложен обобщенный параметр модуль формуемости [5]:

$$м_ф = 0{,}01 \cdot (G_{sio2} - (G_{гск} + G_{пк}), \quad (7)$$

G_{sio2}, $G_{ГСК}$, $G_{ПК}$ – массовая доля содержание в шихте кварца, гигроскопичных и пластичных компонентов, %.

Установлено, что критерий комкуемости изменяется от 0,2 до 1, и чем ближе показатель комкуемости к единице, тем большей потенциальной склонностью к гранулированию обладает дисперсный материал. Чем ближе значение рабочей влаги окомкования к значению наименьшей капиллярной влагоемкости, тем прочнее гранулы. Тонкодисперсные коллоидизированные материалы по величине К делятся на некомкующиеся (0,2), слабокомкующиеся (0,2-0,3), среднекомкующиеся (0,5-0,8), сильнокомкующиеся (>0,8). Видно (см. табл. 2), что в исходном состоянии показатель К = 0,31 для шихты НС-2. Следовательно, она слабо комкуется, что негативно скажется на ее дальнейшей обработке (большое количество просыпи при гранулировании и низкая прочность). Поэтому необходим ее перевод в другое реологическое состояние. Изменение грансостава, путем измельчения и ввода пластифицирующей добавки приводят к изменению качества среды (К = 0,59). Шихта становится комкующейся и хорошо гранулируется методом компактирования.

Для порошковых добавок в бетонные и растворные смеси и грануляции стеклообразующих шихт и пористых материалов в качестве жидкого связующего нами было разработано новое связующее на основе лигносульфонатов «Лигнопан» [6]. Добавки

Таблица 2

Влияние типа связующего и температуры шихты на критерий комкуемости

Тип шихты	Тип связующего	t^0 C	К
содовая НС-2	уголь	27 - 63	0,31 - 0,59
содовая Салаватского завода	Уголь, мазут	27 - 63	0,5 - 0,65
содовая Борского завода	Уголь, мазут	27 - 63	0,5 - 0,65

марки «Лигнопан Б» относятся к пластифицирующим и водоредуцирующим добавкам, ускоряющим твердение материала, а также повышающим прочность. При получении безобжигово силикатного гравия и ОМУ применение «Лигнопана Б» позволяет получать прочноплотные прессовки при низком давлении прессования. Микроскопические исследования выявили механизм воздействия на структуру связующего «Лигнопан Б» на стадиях смешения и компактирования стеклообразующих шихт и пористых порошковых добавок. При использовании лигносульфонатных групп вода обволакивает частицы порошка тонким слоем, на внешней поверхности которого размещаются лигносульфонатные группы. Такой двойной слой позволяет снизить межчастичное трение и трение частиц с прессующей поверхностью, тем самым уменьшая их прилипание к поверхности пресс-инструмента. Ввод водного раствора «Лигнопана Б», имеющего полимерную структуру, приводит к реакции полимеризации эпоксидных циклов. В результате частицы лигнинов, находящиеся в одном растворе действуют как клей уже на стадии подготовки шихты. Их дальнейшее твердение может происходить или в зоне активного нагружения пресса, или после выхода из нее прессовки, на стадии транспортировки. В результате образуются прессовки или плитка повышенной прочности. Так, при прокатке, через плоскую фильеру с каналами переменного сечения, древесных опилок происходит разогрев материала, содержащий лигнин. Процесс гранулирования сопровождается деструкцией среды с образованием жидкой пластифицированной фазы, что приводит к образованию плотнопрочных пелет [5].

При гранулировании ОМУ, комбикормов, глинистых масс следует учитывать явление пластикации – процесса образования высококонцентрированной коагуляционной структуры, способной в дальнейшем к переходу в кристаллизационную. Процесс реализуется под действием таких механических факторов, как сдвиг, сжатие, давление, нагрев и механоактивация. Введение в шихту поверхностно активных веществ (ПАВ) облегчает процесс пластикации за счет уменьшения адсорбционного взаимодействия жидкости с твердыми частицами. Это снижает общую прочность системы и приводит к образованию плотнопрочных гранул при меньшем механическом воздействии. Кинетика гранулообразования зависит как от технологических параметров (например, наличие внутреннего ретура), так и от физико-химических свойств шихты и связующего.

Кроме вышеперечисленных способов воздействия на дисперсную структуру МПМ, в технике их переработки широко используются процессы механоактивации. При механическом воздействии энергия, передаваемая от воздействующего оборудования на шихту, расходуется на изменение грансостава, упорядочение структуры и дотацию эндотермических и твердофазных превращений. Материал «переходит» из одного исходного состояния в новое, с раскрытием наиболее опасных дефектов – слабых мест. В структуре частицы при этом образуются новые фазы. Используя связующие (ПАВ) совместно с методами механоактивации, также возможно интенсифицировать процессы образования новых поверхностей. В результате получается конечный продукт с измененными свойствами, такими, как плотность, прочность

(гранулы) прессовки, удельная поверхность и реакционная способность. Механоактивация происходит на стадии подготовки материала при измельчении, окатывании в скоростных грануляторах и компактировании дисперсных сред. Установлено, что при полусухом прессовании глинистых масс за счет механоактивации можно получать изделия, характеризующиеся вязкопластичными свойствами. Такие способы механоактивации, как ударно-раздавливающее измельчение, позволяет ускорить процессы декарбонизации в шихтах, а ударно-истирающая активация интенсифицирует твердофазные реакции. Можно отметить следующие эффекты, достигаемые механоактивацией:

– при получении ОМУ возрастает доля лимонно-растворимого P_2O_5 при его предварительном дроблении в шаровой мельнице;

– в зависимости от режимных параметров смешения в барабане с шарами возможно получать активированные плотно-прочные ОМУ и калиймагниевые (КМ) гранулированные удобрения, при этом структурные свойства оцениваются по показателю «пластическая прочность P_m».

– при получении выскокодисперсного наполнителя (TiO_2) для красок происходят его полиморфные превращения анатаз → брукит → рутил → (TiO_2), что сказывается на его кроющей способности;

– механоактивация стеклообразующих шихт и золошлаковых отходов инициирует протекание твердофазных реакций в массе шихты;

– использование механоактивации при смешении и измельчении в барабане с шарами приводит к увеличению удельной поверхности, и, как следствие, в дальнейшем к снижению энергозатрат при компактировании и получению более прочных прессовок из эмалевых шихт;

– предварительная механическая активация ферментных препаратов позволяет получать при грануляции продукт, характеризующейся «высокой» активностью.

Результаты по механоактивации дисперсных сред, полученные авторами, показали, что эффект воздействия частично напоминает механизм воздействия на структуру частиц шихты связующих различного типа, так как происходит изменение удельной поверхности материала, что интенсифицирует процесс взаимодействия между частицами. Ввод связующего также приводит к интенсификации взаимодействия между частицами. В результате получаются шихты с новыми реологическими свойствами, обеспечивающие более эффективное гранулирование. После проведения активации необходимо определить последовательность операций механической обработки и тип оборудования, затем необходимо обеспечить условия, при которых эти операции и режимные параметры могут быть проведены при минимальном расходе энергии и заданной производительности.

Таким образом, представленные результаты исследований по применению связующих, ПАВ, процессов механоактивации для дисперсных сред с ВМР позволили установить, что при гранулировании порошковых и зернистых материалов реализуется «сухое» или «влажное» гранулирование в зависимости от количества вводимого связующего. При этом в обоих случаях взаимодействие между твердой и жидкой фазой происходит посредством жидкостных мостиков, капиллярного разряжения в порах и сил поверхностного натяжения. Особо для МПМ рассмотрены принципы выбора связующих, учитывающие гидрофильность и гидрофобность твердых частиц, причем выявлен механизм гранулообразования ФП при окатывании, определяемый характером подачи связующей жидкости в слой порошка, размером капель и десорбцией газа из частиц порошка. Предложена классификация МПМ, содержащих отходы, с учетом типа технологических связующих и характера межчастичных связей. В этой связи проанализированы критерии гранулируемости дисперсных сред на разных стадиях переработки и рассмотрена эффективность процесса гранулирования МПМ различными методами за счет использования твердых добавок, технологических приемов и процессов механоактивации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия: учебник для вузов, 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Влад МО, 1999. – 320 с.
2. Ильина Т.Н. Процессы агломерации в технологии переработки дисперсных материалов. – Белгород: издательство БГТУ, 2009. – 229 с.
3. Коротич В.И. Теоретические основы окомкования железорудных материалов. – М.: Металлургия, 1966. – 152 с.
4. Назаров В.И., Мелконян Р.Г., Калыгин В.Г. Техника уплотнения стекольных шихт. – М.: Легпромиздат, 1985. – 128 с.
5. Назаров В.И., Макаренков Д.А., Булатов И.А. Исследование процесса гранулирования дисперсных сред на роторных прессах с плоской матрицей // Вестник МИТХТ. – 2010. – Том V (№6). – С. 13-16.
6. Макаренков Д.А. Исследование процесса компактирования и окатывания дисперсных сред с регулируемыми реологическими характеристиками: автореф. дис. … канд. техн. наук. – М., 2000. – 18 с.
7. Череватова А.В. Строительные композиты на основе высококонцентрированных вяжущих систем: автореф. дис. … докт. техн. наук. – М., 2007. – 144 с.
8. Шумаков Н.С., Талхаев М.П., О.С. Ковалев. Термическая обработка и окускование фосфатного сырья. – М.: Химия, 1987. – 192 с.
9. Rumpf H., Herrmann W. Properties, onding mechanism and strength of agglomerates // Aufbereitungstechnik. –1970. – № 11. – P. 117-127.

УДК 543.422

Марданова С.Р.
Гянджинский государственный университет (Азербайджан)

БИС –(2,3,4-ТРИГИДРОКСИФЕНИЛАЗО) БЕНЗИДИН КАК РЕАГЕНТ ДЛЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕРМАНИЯ

S. Mardanova
Ganja State University, Azerbaijan

BIS-(2,3,4-TRIGIDROKSIFENILAZO)-BENZIDINE AS A REAGENT FOR THE PHOTOMETRIC DETERMINATION OF GERMANIUM

Аннотация. Изучено комплексообразование германия (IV) с бис-(2,3,4- тригидроксифенлазо)-бензидином в присутствии фенантролина, 2`2- дипиридина, уротропина, папаверина и дибазола. Найдены оптимальные условия образования комплексов. Изучение зависимости комплексообразования от pH показало, что выход комплекса GeR максимален при pH 4($\lambda_{мах=}$458 нм), реагент имеет максимум светопоглощения при 353 нм. В присутствии папаверина, дибазола, уротропина, фенантролина и α,α′-дипиридила образуются трёхкомпонентные соединения: $pH_{опт}$=2, $\lambda_{мах}$=453нм(GeR-Pap); $\lambda_{мах}$=466 нм (GeR-Dib); $\lambda_{мах}$=469нм (GeR-Ur); $pH_{опт}$=1; $\lambda_{мах}$=461нм(GeR-phen); $\lambda_{мах}$=477нм (GeR-α,α′-dipy). Определены молярные коэффициенты поглощения и константы устойчивости комплексов германия. Установлена область подчинения закону Бера. Разработана методика фотометрического определения германия в буровой воде.

Ключевые слова: германий(IV), комплексообразование, молярные коэффициенты поглощения, константы устойчивости.

Abstract. We have studied the complex formation of germanium (IV) with bis-(2,3,4-trigidroksifenlazo)-benzidine in the presence of phenanthroline, 2,2´-dipiridin, papaverine and dibazol. We have found optimal conditions for the formation of complexes. The study of the dependence of the complex formation on the pH has shown that the yield of the GeR complex is maximal at pH 4 (λ_{max} = 458 nm), the reagent has a maximum absorption at 353 nm. In the presence of papaverine, dibazola, hexamine, phenanthroline and α,α'-dipyridyl, ternary compounds are formed: pH_{opt} = 2, λ_{max} = 453 nm (GeR-Pap), λ_{max} = 466 nm (GeR-Dib); λ_{max} = 469 nm (GeR-Ur) ; pH_{opt} = 1; λ_{max} = 461nm (GeR-phen); λ_{max} = 477 nm (GeR-α,α′-dipy). We have determined the molar absorption coefficients and stability constants of complexes germanium. The region of Beer's law obedience is found. The technique of photometric determination of germanium in the drilling water is developed.

Key words: germanium (IV), complex formation, molar absorption coefficients, stability constants.

Из литературы известно, что бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо)-бензидин широко применяется в фотометрическом определении молибдена (VI), ванадия (V), алюминия (III) [3, с. 18; 1, с. 686; 2, с. 8; 6, с. 57]. Нами показано, что этот органический реагент является весьма перспективным для определения этих элементов, и предложена методика фотометрического определения их микроколичеств в природных и промышленных объектах. В продолжение этих работ нами было исследовано комплексообразование германия (IV) с бис-(2,3,4-тригидроксифенлазо)-бензидином (R). Для улучшения аналитических характеристик изучено влияние третьего компонента на комплексообразование. В качестве третьего компонента использовали фенантролин (phen), *α,α′*-дипиридин(dipy), уротронин(Ur), папаверин(Pap) и дибазол(Dib).

© Марданова С.Р., 2012.

Экспериментальная часть

Аппаратура. Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре “ Lambda-40” с компьютерным обеспечением (фирмы Perkin ELMER) и на фотоэлектрокалориметре КФК-2 в кювете с толщиной слоя 1 см. pH растворов измеряли на pH метроме pH-121 со стеклянным электродом и хлорид-серебрянным электродом сравнения.

Растворы и реагенты. Использовали реактивы квалификации х.ч. или ч.д.а. Реагент синтезирован по методике [7, с. 36], его состав (вычислено, % : C – 62,22; H – 3,93; N –12,22; найдено, % : C – 62,51; H – 3,62; N –12,01) и строение (рис. 1) установлены методами элементного анализа и ИК спектроскопии. Реагент хорошо растворим в этаноле. Использовали $1{\cdot}10^{-2}$ М водно-этанольный раствор (3:7) уротропина, фенантролина, *α,α′*-дипиридила, папаверина и дибазола. Исходный ($1{\cdot}10^{-1}$ М) раствор германия готовили по методике [8, с. 175]. Использовали $1{\cdot}10^{-3}$ М раствор германия и бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо)-бензидина. Для создания необходимой кислотности использовали фиксанал HCl (pH 1-2) и аммиачно-ацетатные буферные растворы (pH 3-11).

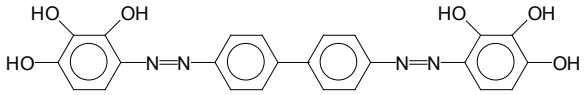


Рис. 1. Строение синтезированного реагента

Результаты и их обсуждение

Изучение зависимости комплексообразования от pH показало, что выход комплекса GeR максимален при pH 4($\lambda_{мах=}$458 нм), реагент имеет максимум светопоглощения при 353 нм. В присутствии папаверина, дибазола, уротропина, фенантролина и *α,α′*-дипиридила образуются трёхкомпонентные соединения: $pH_{опт}$=2, $\lambda_{мах}$=453нм(GeR-Pap); $\lambda_{мах}$=466 нм (GeR-Dib); $\lambda_{мах}$=469нм (GeR-Ur); $pH_{опт}$=1; $\lambda_{мах}$=461нм(GeR-phen); $\lambda_{мах}$=477нм (GeR-*α,α′*-dipy). Из данных видно, что для максимумов поглощения однородно и разнолигандных комплексов германия наблюдается батохромный сдвиг по отношению к максимуму поглощения реагента. С другой стороны, при введении третьего компонента в бинарную систему в спектрах поглощения наблюдается батохромный сдвиг по отношению к бинарному комплексу (рис. 2, 3).

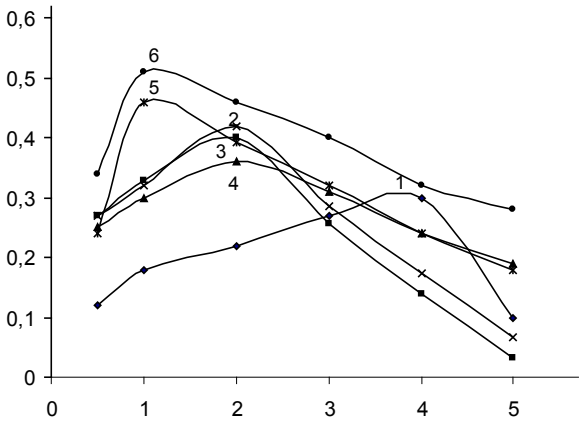


Рис. 2. Зависимость светопоглощения комплексов германия (IV) от pH раствора в присутствии и отсутствии третьего компонента 1 – Ge-R, 2 – Ge -R- Pap, 3 – Ge -R- Dib, 4 – Ge-R- Ur, 5 – Ge-R- phen, 6 – Ge-R- -α, α′-dipy

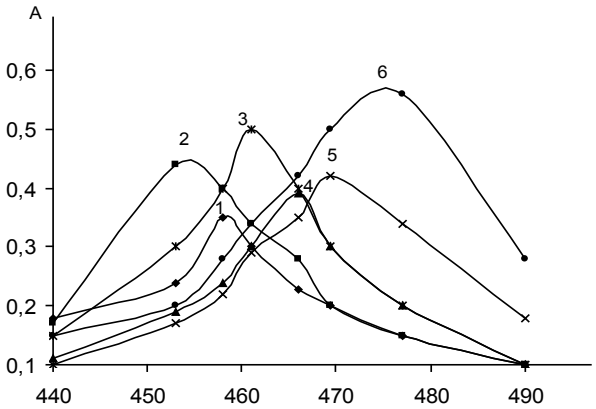


Рис. 3. Спектры светопоглощения комплексов германия (IV) в присутствии и отсутствии третьего компонента 1– Ge-R, 2 – Ge -R- Pap, 3 – Ge -R- Dib, 4 – Ge-R- Ur, 5 – Ge-R- phen, 6 – Ge-R- -α,α′-dipy

Изучение зависимости комплексообразования от pH показало, что выход бинарного комплекса GeR максимален при pH 4. В присутствии третьего компонента в комплексообразовании наблюдается расширение интервал взаимодействия со смешением в кислую среду. Максимум выхода разнолигандных комплексов наблюдается при pH 2,1. Комплексы германия образуются сразу после смешивания компонентов. Для определения соотношения реагирующих компонентов в комплексах использовали методы относительного выхода Старика-Барбанеля, сдвига равновесия изомолярных серий [6, с. 268]. Как следует из полученных данных (табл. 1), присутствие третьего компонента приводит к увеличению констант устойчивости комплексов H_6R с германием. Известно, что азотсодержащие органические соединения образуют устойчивые ассоцыаты, и это в свою очередь влияет на устойчивость хелата, т. е. чем выше устойчивость ассоциатов, тем устойчивее их комплексы. С учетом молярного соотношения компонентов в составе комплексов вычислены константы устойчивости комплексов [5, с. 215].

Градуировочный график. Приготовлена серия растворов германия (IV), и измерено их светопоглощение при $\lambda_{опт}$ = 490 нм относительно раствора контрольного опыта. Установлены интервалы концентраций, в которых соблюдается закон Бера. Из кривых насыщения определены и молярные коэффициенты поглощения комплексов (табл. 1).

Влияние посторонних ионов. Изучено влияние посторонних ионов и маскирующих веществ на образование бинарного и разнолигандных комплексов германия. С этой целью использовали растворы металлов концентрацией $1\cdot10^{-3}$ - $1\cdot10^{-4}$ М. Установлено, что в присутствии третьего компонента избирательность реакции увеличивается. Определению германия в виде разнолигандных комплексов не мешают многократные количества щелочных и щелочноземельных металлов (табл. 2).

Методики фотометрического определения германия с изученными системами сравнены с наиболее широко применяемым фотометрическим определением его с фенилфлуороном [4, с. 1438; 9, с. 1794]. Методики фотометрического определения германия в виде бинарного и разнолигандного комплекса по чувствительности превосходят методику определения его с фенилфлуороном. Так, например, молярный коэффициент поглощения комплекса германия с R $\varepsilon = 4{,}50\cdot10^4$; R-Pap $\varepsilon = 5{,}12\cdot10^4$; R-Dib $\varepsilon = 5{,}03\cdot10^4$; R-Ur $\varepsilon = 5{,}10\cdot10^4$; R-phen $\varepsilon = 4{,}31\cdot10^4$; R- *α,α′*-dipy **$\varepsilon = 5{,}53\cdot10^4$, тогда** как молярный коэффициент поглощения фенилфлуоронового комплекса германия $\varepsilon = 4{,}00\cdot10^4$. Методики определения германия с R и смешаннолигандных по избирательности также превосходят методику определения его с фенилфлуороном [4, с. 1438; 9, с. 1794]. Определению германия с фенилфлуороном мешают Ti(IV), Zr(IV), Hf(IV), Sn(IV), Sb(III),

Таблица 1

Основные фотометрические характеристики комплексов германия (IV) с R, в присутствии и отсутствии третьего компонента (n=3; P=0,95)

Реагент	pH	λ_{max}, нм	Соотношение комплексов	$\varepsilon_{мак}\cdot10^4$	Интервал подчинения закону Бера, мкг/мл	lg β
R	4	458	1:2	4,50	0,12-2,92	7,21±0,06
R-Pap	2	453	1:2:2	5,12	0,08-2,19	10,81±0,09
R-Dib	2	466	1:2:2	5,03	0,08-2,19	10,72±0,10
R-Ur	2	469	1:2:2	5,10	0,08-2,19	11,98±0,08
R-phen	1	461	1:2:2	5,31	0,04-1,46	12,84±0,08
R-α,α′-dipy	1	477	1:2:2	5,53	0,04-1,46	12,47±0,09

Таблица 2

Допустимые кратные кол-ва посторонних веществ по отношению к германию при его определении в виде бинарного и смешаннолигандных комплексов

Ион или вещество	GeR	GeR-Pap	GeR-Dib	GeR-Ur	GeR-phen	GeR- α,α′-dipy
Щелочные металлы	250	1000	1000	1000	1200	1250
Ca	150	650	690	650	710	700
Mg	140	680	630	660	860	860
Ba	420	800	810	800	875	860
Cu	20	205	200	215	280	275
Co	11	240	245	260	640	680
Ni	16	255	250	268	405	390
Zn	50	180	210	205	630	620
Pb	25	45	40	58	60	60
Mn	25	40	45	42	67	74
Ti	30	48	54	43	55	58
Th	20	340	320	330	460	455
Zr	10	30	37	44	70	67
Hf	5	20	24	28	43	40
Sn	15	40	35	40	86	90
Nb	15	35	48	52	96	88
Ta	10	30	35	47	102	95
W	мешают	15	24	18	54	58
Mo	мешают	18	20	14	63	62
Cd	28	540	510	590	820	880
Al	40	305	270	285	530	560
Bi	8	40	35	32	80	94
Fe	2	20	25	30	54	58
Cr	38	120	105	114	210	225
Ga	8	110	80	95	180	205
Jn	мешают	80	80	78	90	105
	60	130	120	115	160	176
Трилон Б	10	240	230	265	390	375
Тиомочевина	10	60	40	65	80	80
Винная кислота	9	50	50	48	70	20
Аскорбиновая	48	120	135	130	170	185
Лимонная к-та	105	216	200	225	260	240
S_2O_3	320	285	240	200	310	330
F^-	15	6	9	7	8	10

Nb(V), Ta(V), W(VI), Mo(VI). В методиках разработанных нами эти элементы определению германия не мешают. Разработанные методики были применены для определения германия(VI) в буровой воде.

Буровая вода взята из Шиховской лечебницы. Буровую воду (100 мл) выпаривали до 10мл. Разбавляли дистиллированной водой до 25 мл. После этого в мерную колбу емкостью 25 мл вводили аликвотную часть буровой воды, прибавляли 2 мл этанольного раствора R, 1,2 мл 10^{-2} М раствора фенантролина. Доводили объём до метки раствором pH 1, перемешивали и измеряли светопоглощение комплексов КФК-2 в кюветах с ℓ=1см при 490 нм относительного опыта. Содержание гер-

Таблица 3

Определение германия в буровой воде, взятой из Шиховской лечебницы, Азербайджан

Образец буровой воды	R+ phen, $(x \pm \delta\%) \cdot 10^{-4}$	Фенилфлуорон, $(x \pm \delta\%) \cdot 10^{-4}$
I	2,04±0,06	1,92±0,08
II	2,12±0,08	2,00±0,04
III	2,16±0,10	1,96±0,07

мания определяли также фенилфлуороном. Для определения фенилфлуороном германий предварительно отделяли от сопутствующих элементов экстракцией его хлоридного комплекса с CCl_4 в 9 М HCl. Результаты представлены в табл. 3.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алиева Р.А., Алиева Т.С., Чырагов Ф.М. Бис-(2.3.4.-тригидроксифенилазо)-бензидин как реагент для фотометрического определения алюминия // Аналитическая химия. – 2006. – № 7. – С. 686-691.
2. Алиева Р.А., Гаджиева С.Р., Валиев В.Н., Чырагов Ф.М. Исследование взаимодействия в системе молибден(VI) – бис-[2, 3, 4-тригидроксифенилазо]-бензидин – катионные поверхностно-активные вещества // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2007. – Т. 73 (№ 8). – С. 8-11.
3. Алиева Р. А., Назарова Р.З., Чырагов Ф. М. Спектрофотометрическое изучение влияния КПАВ на комплексообразование ванадия с бис-(2.3.4. тригидроксифенилазо) бензидином // Вестник МГОУ. Сер. Естественные науки. – 2009. – № 4. – С. 18-23.
4. Ателин В.Г., Чернова Р.К. Спектрофотометрическое определение германия салицилфлуороном в присутствии цетилпиридиния // Журнал аналитической химии. – 1984. – Т. 39. – С. 1436-1440.
5. Булатов М.И., Калинкин И.П. Практическое руководство по фотометрическим и спектрофотометрическим методом анализа. – Л.: Химия, 1972. – 407 с.
6. Гаджиева С.Р., Алиева Т.И., Чырагов Ф.М. Новая методика фотометрического определения скандия (III) в прикаспийской светло-каштановой почве с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо)-бензидином в присутствии диантиприлметана и его гомологов // Из вузов: Химия и химическая технология. – 2008. – Т. 51 (№ 10). – С. 48-51.
7. Гамбаров Д.Г. Новый класс фотометрических реагентов-азотсоединения на основе пирогаллола: дис. … докт. хим. наук. – М.: 1984. – 295 с.
8. Коростелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. – М.: Наука, 1964. – 261 с.
9. Сухан В.В., Назаренко А.Ю., Липовская Н.А. Реакция германия с дисульфофенилфлуороном в присутствии катионов металлов // Журнал аналитической химии. – 1988. – Т. 43 (№10). – С. 1792-1796.

УДК: 543.51

Петренко Д.Б.[1,2], Торопченова Е.С.[3], Корсакова Н.В.[3], Сычкова В.А.[2], Кригман Л.В.[3], Радугина О.Г.[1]
[1]Московский государственный областной университет
[2]Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (г. Москва)
[3]Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (г. Москва)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАНДАРТНОМ ОБРАЗЦЕ СОСТАВА ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ BCR-723 МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ С ИОНИЗАЦИЕЙ В ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМЕ

D. Petrenko[1,2], E. Toropchenova[3], N. Korsakova[3], V. Sychkova[2], L. Krigman[3], O. Radugina[1]
[1]Moscow State Regional University
[2]Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow
[3]Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow

DETERMINATION OF RARE-EARTH ELEMENTS IN A CERTIFIED ROAD DUST SAMPLE (BCR-723) BY INDUCTIVELY COUPLED PLASMA MASS SPECTROMETRY

Аннотация. Предложены две методики определения редкоземельных элементов (РЗЭ) в дорожной пыли методом масс-спектрометрии с ионизацией в индуктивно-связанной плазме (ИСП-МС). Первая основана на сухом озолении пробы в муфельной печи с последующей обработкой остатка смесью соляной и плавиковой кислот. Вторая предполагает разложение в условиях микроволнового нагрева с последовательной обработкой борфтористоводородной и азотной кислотами. В обеих методиках используется сорбционное выделение РЗЭ из растворов активных углем «БАУ», модифицированным миндальной кислотой, и последующая десорбция 3%-ной азотной кислотой. Приводятся новые данные по содержанию редкоземельных элементов в стандартном образце состава дорожной пыли BCR-723, полученные с использованием разработанных методик.

Ключевые слова: масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, редкоземельные элементы, дорожная пыль, BCR-723, пробоподготовка.

Abstract. We have proposed two methods for determining rare-earth elements (REEs) in road dust by ionizing the sample with inductively coupled plasma and then using mass spectrometry (ICP-MS) to separate and quantify the ions. The first method is based on dry ashing of samples in a muffle furnace followed by processing of the remainder with a mixture of hydrochloric and hydrofluoric acids. The second method involves the decomposition under microwave heating with the following sequential processing by fluoroboric and nitric acids. Both techniques employ sorption separation of REEs from the solutions on activated BAU carbon, modified by a mandelic acid, and subsequent desorption of 3% nitric acid. We present new data on the content of rare-earth elements in standard samples of road dust, BCR-723, obtained with the use of the developed techniques.

Key words: inductively coupled plasma mass spectrometry, rare-earth elements, road dust, BCR-723, sample pretreatment.

© Петренко Д.Б., Торопченова Е.С., Корсакова Н.В., Сычкова В.А., Кригман Л.В.3, Радугина О.Г., 2012.

В связи с увеличением использования редкоземельных элементов (РЗЭ) в производстве специальных сплавов, керамики, каталитических нейтрализаторов автомобильных выхлопных газов, катализаторов в химической и нефтехимической промышленности и ряде других областей человеческой деятельности в последние годы наблюдается значительный интерес к изучению их техногенной миграции. Изменения природных соотношений концентраций РЗЭ в почвах, поверхностных водах и дорожной пыли являются весьма чувствительным индикатором загрязнения окружающей среды и его техногенных источников [4]. Так, например, соотношение La/Sm в образцах пыли может изменяться от характерного для земной коры ≈ 6:1 до 20:1 под влиянием выбросов нефтеперерабатывающих заводов [10]. Выраженная положительная гадолиниевая аномалия, отмеченная в поверхностных природных водах во Франции, Германии и Японии, связывается с попаданием в окружающую среду комплексного соединения гадолиния с диэтилендиамминпентауксусной кислотой, применяемого в магнитно-резонансной томографии, с больничными стоками [6; 7; 9]. В работе [8] показано, что аномально высокие концентрации Eu и Dy в почве, по сравнению с другими РЗЭ, являются индикатором попадании в нее угольной золы, как правило, содержащей значимые количества Cd, Hg, Mo, Cu, Zn и других тяжелых металлов.

Для определения следовых количеств редкоземельных элементов в объектах окружающей среды широкое применение нашел метод масс-спектрометрии с ионизацией в индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). К настоящему моменту разработано большое число методик определения РЗЭ в рудах, горных породах, водах и других природных объектах при помощи этого метода. Вместе с тем серьезной методической проблемой является отсутствие стандартных образцов состава дорожной пыли, аттестованных на содержание РЗЭ, и унифицированных методик ее анализа методом ИСП-МС. В этой связи целью настоящей работы явилось получение новых данных по содержанию РЗЭ в стандартном образце состава дорожной пыли BCR-723, выпущенном Институтом стандартных материалов и измерений Европейского союза в 2002 г. и не аттестованном на содержание РЗЭ [11; 12].

Экспериментальная часть (оборудование и реагенты)

Разложение образцов проводили в микроволновой системе резонаторного типа MarsXpress (CEM Corp., США) с частотой работы магнетрона 2,45 ГГц и максимальной мощностью 1600 Вт. Для подготовки проб использовали специальные сосуды из фторполимерного материала емкостью 100 мл: *XP-1500Plus* (максимальные рабочие температура – 300°С и давление – 100 атм.) и *EasyPrep* (240°С, 50 атм.). Температуру контролировали погружаемым в реакционную смесь оптоволоконным зондом RTP-300 Plus и дистанционным ИК-датчиком, избыточное давление измеряли датчиком ESP-300 Plus.

Определение концентраций редкоземельных элементов в растворах проводили на квадрупольном масс-спектрометре X^{II} ICP-MS (Thermo Scientific, США). Для градуировки масс-спектрометра использовали многоэлементный стандартный раствор Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Sc, Tb, Th, Tm, Y, Yb в 5%-ной азотной кислоте фирмы "Perkin Elmer" № 9300232 с концентрацией по каждому элементу 10 мкг/см^3 ± 0,3% при 20°С. Анализ вели по следующим изотопам: ^{89}Y, ^{139}La, ^{140}Ce, ^{143}Nd, ^{146}Nd, ^{147}Sm, ^{151}Eu, ^{153}Eu, ^{157}Gd, ^{159}Tb, ^{163}Dy, ^{165}Ho, ^{167}Er, ^{169}Tm, ^{172}Yb, ^{173}Yb, ^{175}Lu. В качестве внутренних стандартов использовали ^{115}In, ^{205}Tl.

Для подготовки проб при определении РЗЭ использовали только специально очищенные реактивы: деионизованную воду (MilliQ, R > 18,2 МО м/см), HCl, HF и HNO_3 осч., дополнительно очищенные изотермической перегонкой.

Результаты и их обсуждение (разложение стандартного образца состава дорожной пыли BCR-723 к определению редкоземельных элементов)

Перевод в раствор проб объектов окружающей среды (почв, пылей, донных отложений) обычно осуществляется путем термического (сухого) или мокрого озоления органических компонентов пробы с последующим растворением зольного остатка в кислотах в условиях нагревания при атмосферном давлении. Термическое озоление проб в муфельной печи при температуре не выше 550 °С – быстрый и эффективный способ удаления органики, однако, из литературных данных известно, что некоторые элементы при такой подготовке проб могут быть потеряны [1]. При мокром озолении в открытых сосудах в условиях термического нагрева пробы со сложной матрицей растворяются достаточно медленно. Использование микроволновых (МВ) систем обеспечивает количественное разложение различных объектов при существенном сокращении времени обработки проб за счет повышения температуры кипения растворителя на 50-150 °С в условиях повышенного давления. Это дает возможность упростить состав реакционной смеси, заменив высококипящие кислоты более летучими, и использовать значительно меньшие объемы кислот, что позволяет снизить величину поправки контрольного опыта. Сравнивали три способа разложения образца BCR-723: мокрое озоление «царской водкой» в условиях термического нагрева при атмосферном давлении, сухое озоление в муфельной печи с последующей обработкой остатка смесью соляной и плавиковой кислот и разложение в условиях микроволнового нагрева.

Разложить пробу при помощи *мокрого озоления* «царской водкой» оказалось невозможно, поскольку оставалось заметное количество темного мелкодисперсного осадка, прилипающего к поверхности тефлонового стакана, в котором проводилось разложение. Поэтому количественно перенести этот осадок на фильтр оказалось невозможным. В дальнейшем от такого способа разложения отказались. *Сухое озоление* в муфельной печи при температуре 450 °С с последующей обработкой золы смесью соляной и плавиковой кислот проводили по следующей методике: навеску образца 0,2000 ± 0,0002 г помещали в фарфоровый тигель и озоляли в муфельной печи сначала при медленном повышении температуры, затем при 450 °С в течение 2 ч. Тигель охлаждали, его содержимое количественно переносили в тефлоновый стакан, при нагревании обрабатывали 20 см^3 смеси конц. HCl:HF = 1:1 (по объему) и упаривали до влажных солей, такую обработку повторяли дважды. Затем приливали 20 см^3 конц. HCl и вновь упаривали до влажных солей. Остаток растворяли в 1М HCl и отфильтровывали раствор. Фильтрат переносили в мерную колбу вместимостью 50 см^3. Фильтр озоляли при 500°С в корундовом тигле, затем к его содержимому добавляли ≈ 100 мг смеси Na_2O_2:$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$:Na_2CO_3 = 1:1:1 и сплавляли при 550°С в течение 40 минут. Тигель охлаждали, плав выщелачивали 1М HCl и переносили в мерную колбу вместимостью 50 см^3.

Для разложения силикатной матрицы *в условиях микроволнового нагрева* использовали подход, предложенный в работе [3], состоящий в обработке пробы борфтористоводородной кислотой – одним из наиболее сильных реагентов для разложения силикатов. Для получения HBF_4 в реакционный сосуд помещали борную кислоту и добавляли концентрированную плавиковую и соляную кислоты. Использование HBF_4 вместо HF позволяет избежать выпадения в осадок фторидов кальция, магния, алюминия и редкоземельных элементов [5]. На второй стадии для окисления органической составляющей образца добавляли азотную кислоту. Разложение проводили по следующей методике: на первой стадии навеску образца 0,2000 ± 0,0002 г помещали в сосуд для разложения и перемешивали с 2 г H_3BO_3, добавляли по 5 см^3 концентрированных HCl и HF. Герметично

закрывали сосуд и помещали его в микроволновую систему. К контрольному сосуду подключали датчики температуры и давления. Проводили разложение при 200 °С в течение 20 мин., задавая 10 мин. на набор температуры. Устанавливали мощность МВ излучения (300 – для 1-2 или 600 Вт – для 3-5 проб). Охлаждали автоклав до 30 °С. На второй стадии добавляли 5 см^3 азотной кислоты и проводили МВ разложение в том же режиме, что и на первом этапе. По окончании разложения охлаждали автоклав до 30 °С, открывали и переносили его содержимое в тефлоновый стакан и упаривали до влажных солей. Затем приливали 20 см^3 конц. HCl и вновь упаривали до влажных солей. Остаток растворяли в 1М HCl и отфильтровывали раствор. Фильтрат переносили в мерную колбу вместимостью 50 см^3. Доплавление нерастворимого остатка проводили так же, как и после сухого озоления пробы. Полученный раствор переносили в мерную колбу вместимостью 50 см^3.

В ходе как сухого озоления, так и микроволнового разложения, готовили холостые пробы. Из полученных растворов РЗЭ выделяли сорбцией углем БАУ, модифицированным миндальной кислотой. РЗЭ десорбировали 3% азотной кислотой. Результаты определения РЗЭ приведены (см. табл. и рис.) в нормализованном на Постархейский австралийский сланец (PAAS) виде [2]. Выбор PAAS для нормализации обусловлен тем, что обсуждении поведения РЗЭ в гипергенных процессах принято нормировать их состав на состав сланцев, а большинство литературных данных по распределению РЗЭ в атмосферных осадках приводятся также в нормализованном виде именно на этот сланец. Из табл. видно, что как при сухом озолении в муфельной печи с последующей обработкой остатка смесью соляной и плавиковой кислот, так и при разложении в условиях микроволнового нагрева необходимой стадией разложения является доплавление нерастворимого остатка, поскольку он содержит от 10 до 65% аналитов. Результаты ИСП-МС определения элементов, полученные после разложения проб указанными способами, практически совпадают.

Таким образом, получены новые данные по редкоземельных элементов в стандартном образце дорожной пыли BCR-723. Предложе-

Таблица

Результаты определения редкоземельных элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в СО BCR-723 (n = 6; P = 0,95) (г/т)

Элемент	После микроволнового разложения			После сухого озоления		
	Раствор	Доплав	Суммарно	Раствор	Доплав	Суммарно
Y	7,47 ± 0,34	14,54 ± 2,29	22,0 ± 2,0	6,53 ± 0,10	13,6 ± 0,2	20,2 ± 0,3
La	10,4 ± 0,7	2,12 ± 0,84	12,6 ± 0,2	11,9 ± 0,5	0,22 ± 0,06	12,1 ± 0,5
Ce	22,9 ± 1,3	3,46 ± 1,19	26,3 ± 0,1	26,0 ± 1,3	0,99 ± 0,02	27,0 ± 1,2
Pr	2,61 ± 0,21	0,32 ± 0,14	2,93 ± 0,08	2,81 ± 0,06	0,19 ± 0,02	3,01 ± 0,05
Nd	10,1 ± 0,4	1,20 ± 0,46	11,3 ± 0,1	11,1 ± 0,5	0,05 ± 0,03	11,2 ± 0,1
Sm	1,97 ± 0,09	0,24 ± 0,08	2,21 ± 0,04	2,18 ± 0,07	0,06 ± 0,02	2,24 ± 0,46
Eu	0,44 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,50 ± 0,01	0,49 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,51 ± 0,02
Gd	1,99 ± 0,09	0,29 ± 0,08	2,28 ± 0,03	2,07 ± 0,09	0,09 ± 0,04	2,16 ± 0,09
Tb	0,27 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,28 ± 0,02	0,05 ± 0,03	0,34 ± 0,03
Dy	1,55 ± 0,06	0,42 ± 0,05	1,97 ± 0,03	1,59 ± 0,07	0,33 ± 0,09	1,92 ± 0,03
Ho	0,30 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,38 ± 0,03
Er	0,85 ± 0,03	0,29 ± 0,02	1,14 ± 0,02	0,84 ± 0,02	0,27 ± 0,03	1,10 ± 0,04
Tm	0,12 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,16 ± 0,01
Yb	0,77 ± 0,02	0,33 ± 0,02	1,10 ± 0,03	0,73 ± 0,01	0,30 ± 0,01	1,03 ± 0,01
Lu	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,18 ± 0,01

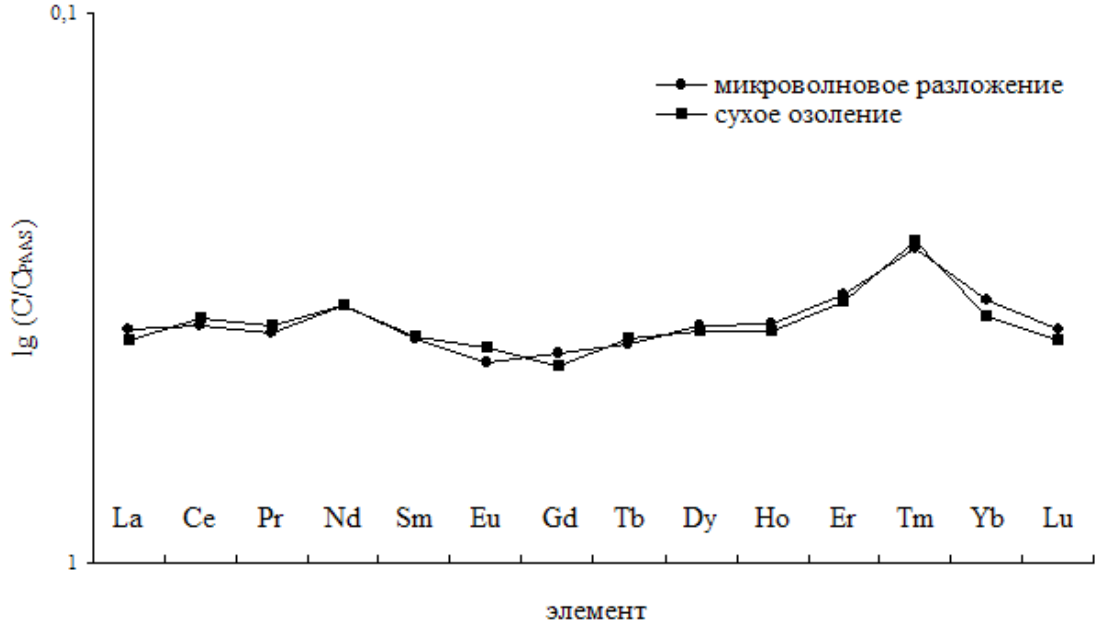


Рис. Результаты определения редкоземельных элементов методом МС-ИСП в СО BCR-723, нормализованные на Постархейский австралийский сланец (PAAS)

ны два способа пробоподготовки образцов дорожной пыли к определению редкоземельных элементов методом МС-ИСП. Первая методика основана на сухом озолении пробы в муфельной печи с последующей обработкой остатка смесью соляной и плавиковой кислот. Вторая предполагает двухстадийное разложение в условиях микроволнового нагрева. На первой стадии проба обрабатывается борфтористоводородной кислотой, что позволяет разрушить силикатную составляющую образца, на второй стадии для окисления органической составляющей образца применяется азотная кислота.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. – М.: Химия, 1984. – 432 с.
2. Интерпретация геохимических данных: учеб. пособие / Е.В. Скляров и др.; под ред. Е.В. Склярова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
3. Корсакова Н.В. Анализ силикатных материалов с использованием микроволновой пробоподготовки / Н.В. Корсакова, Е.С. Торопченова, Л.В. Кригман и др. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009. – Т. 75. – № 4. – С. 23-27.
4. Петренко Д.Б., Радугина О.Г., Корсакова Н.В. Редкоземельные элементы как индикаторы природных и антропогенных процессов // Связь времен и поколений: наука, образование и искусство. Сборник материалов научной конференции преподавателей, аспирантов и молодых ученых Московской области, посвященной 300-летию М.В. Ломоносова и 80-летию МГОУ, 1-2 декабря 2011 г. – М.: Изд-во МГОУ, 2011. – 258 с.
5. Пробоподготовка в микроволновых печах. Теория и практика / пер. с англ., под ред. Г.М. Кингстона, Л.Б. Джесси. – М.: Мир, 1991. – 336 с.
6. Bau M., Dulski P. Anthropogenic origin of positive gadolinium anomalies in river waters // Earth Planet Sci. Lett. – 1996. – V. 143. – P. 245–255.
7. Elbaz-Poulichet F., Seidel J.-L., Othoniel C. Occurrence of an anthropogenic gadolinium anomaly in river and coastal waters of Southern France // Water Research. – 2002. – V. 36. – P. 1102-1105.
8. Mattigod S. V. Rare earth elements in fly ashes as potential indicators of anthropogenic soil contamination // Chemistry of trace elements in fly ash: papers presented as a pan of the Sixth International Conference on Biogeochemistry of Trace Elements, held at the University of Guelph, Ontario, Canada, from July 29-August 2, 2001. – P. 155-164.
9. Nozaki Y., Lerche D., Alibo D., Tsutsumi M. Dissolved indium and rare earth elements in three Jap-

anese rivers and Tokyo Bay (evidence for anthropogenic Gd and In.) // Geochim Cosmochim Acta. – 2000. – V. 64. – P. 3975-3982.
10. Olmez I., Gordon G. E. Rare Earths: Atmospheric signatures for oil-fired power plants and refineries // Science. – 1985. – V. 229, № 4717. – P. 966-968.
11. Zischka M. A new certified reference material for the quality control of palladium, platinum and rhodium in road dust, BCR-723 / M.Zischka, P.Schramel, H.Muntau e.a. // Trends in analytical chemistry. – 2002. – V. 21. – P. 851-868.
12. Zischka M. The certification at the contents (mass fractions) of palladium, platinum and rhodium in road dust / M.Zischka, P.Schramel, H.Muntau e.a. // BCR information. – Brussels: European Commission Standards Measurement and Testing, 2002.

РАЗДЕЛ III. ГЕОГРАФИЯ. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 502:624.131

Брюхань А.Ф.
ООО «ГрафПроектСтройИзыскания»
(г. Щелково Московской области)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

A. Bryukhan
Limited Liability Company 'GrafProektStroyIziskaniya',
Shchelkovo, Moscow Region

GEOECOLOGICAL GENERALIZATION OF THE RESULTS OF ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SURVEY FOR THE CONSTRUCTION OF THERMAL POWER PLANTS

Аннотация. Тепловые электростанции (ТЭС) являются серьезным источником загрязнения природной среды, и их строительство и реконструкция предусматривают детальное геоэкологическое исследование территорий, прилегающих к ТЭС. Проведенные в последние годы инженерно-экологические изыскания на ряде территорий ТЭС позволяют построить парадигму соответствующих исследований. В статье обобщается опыт проведения инженерно-экологических изысканий для строительства и реконструкции ТЭС. Обсуждаются особенности воздействия на окружающую среду мобильных пиковых газотурбинных электростанций, работающих в режиме компенсации пиковых нагрузок в электрических сетях.

Ключевые слова: тепловая электростанция, геоэкология, техногенное воздействие, загрязнение, природная среда, ландшафт.

Abstract. Thermal power plants (TPPs) are a major source of environmental pollution. The construction and reconstruction of TPPs should be accompanied by a detailed geoecological investigation of the areas adjacent to the TPPs. Engineering and environmental surveys produced in recent years on a number of TPP areas make it possible to build up a paradigm of such investigations. The paper summarizes the experience of engineering and environmental surveying for the construction and reconstruction of TPPs. The features of the environmental impact of mobile peak gas-turbine power plants operating in a peak load compensation regime in the electrical networks are discussed.

Key words: thermal power plant, geoecology, technogenic impact, pollution, environment, landscape.

Основным способом производства электроэнергии в России и в мире является ее генерация на тепловых электростанциях (ТЭС) [1; 21; 22] в результате сжигания угля, газа, мазута, горючих сланцев, торфа. Функционирование теплоэнергетической отрасли, вносящей наибольший вклад в загрязнение природной среды в масштабе страны, сопровождается значительными техногенными нагрузками и обусловливает серьезные экологические проблемы

© Брюхань А.Ф., 2012.

[15]. Техногенное воздействие ТЭС на природную среду и человека носит многофакторный характер, включающий загрязнение атмосферы, поверхностных вод, почв, геологической среды, а также тепловое, радиационное, акустическое, электромагнитное загрязнение [7]. Очевидные проблемы создают также складирование золошлаковых отходов, отчуждение земельных и лесных ресурсов.

Важным этапом предпроектных работ по экологическому обоснованию строительства ТЭС являются инженерно-экологические изыскания, предусмотренные строительными нормативам и правилами [16; 17]. Необходимость детальных исследований геоэкологического состояния территорий размещения ТЭС обусловлена: значительной ролью ТЭС в многофакторном загрязнении природной среды в зонах их техногенного воздействия; экологическими и социальными проблемами, связанными с загрязнением природной среды, вызванным ТЭС; потребностью в исходных данных о состоянии природно-техногенной системы «биотоп-ТЭС» для разработки предпроектной и проектной документации для строительства ТЭС.

Несмотря на важность задач по экологическому обоснованию строительства ТЭС, к настоящему времени сколь-нибудь серьезного опыта в геоэкологическом обобщении результатов инженерно-экологических изысканий для строительства ТЭС не наработано. Это обстоятельство связано с рядом причин: низкими темпами теплоэнергетического строительства, деградацией проектных и изыскательских организаций отрасли, относительно недавним приобретением инженерно-экологическими изысканиями самостоятельного статуса изыскательских работ. Ниже приводятся некоторые результаты автора по геоэкологическому обобщению результатов инженерно-экологических изысканий для строительства ТЭС, полученные в 2005-2012 гг. в рамках изыскательских работ на различных объектах электроэнергетики.

1. Исходные данные

В настоящей работе использованы материалы инженерно-экологических изысканий на золоотвале Черепетской ГРЭС (Тульская обл.) [6; 8; 9], площадке Мордовской ГРЭС [5; 14], участке склада сухой золы ТЭЦ-22 АО «Мосэнерго» [7], площадках ряда мобильных пиковых газотурбинных электростанций (МПГТЭС) [10], площадке ТЭС Михайловского горно-обогатительного комбината (Курская обл.) [20], площадке Нижегородской АЭС [2]. Исследованные площадки ТЭС/АЭС отмечены на рис. 1, площадки МПГТЭС – на рис. 2.

Материалы изыскательских работ включали результаты полевых измерений, отбора проб компонентов природной среды, лабораторных анализов проб, которые затем обобщались в виде соответствующих отчетов. Проведенные в последние годы изыскательские работы на указанных площадках позволяют предложить парадигму соответствующих геоэкологических исследований. Необходимость построения такой парадигмы вытекает из анализа современного состояния геоэкологической изученности территорий, прилегающих к ТЭС, механизмов загрязнения ландшафтных оболочек этих территорий, а также достигнутого опыта инженерно-экологических изысканий на территориях размещения ТЭС.

2. ТЭС и окружающая природная среда

Вклад ТЭС в мировое производство электроэнергии составляет 64,5 %, а в Российской Федерации – 67,7 %. Лидирующие позиции тепловой энергетики в общем производстве электроэнергии в России, несомненно, сохранятся и в обозримой перспективе и поэтому ее будущее будет в первую очередь зависеть от обеспечения допустимого уровня воздействия ТЭС на окружающую среду. Годовое потребление топлива тепловыми электростанциями в России (включая районные котельные) составляет приблизительно 243

Рис. 1. Площадки ТЭС/АЭС

Рис. 2. Площадки МПГТЭС

млн. т условного топлива, из них угля – 72 млн. т, газа – 150 млн. т, мазута и других видов топлива – 21 млн. т [12]. Несмотря на то обстоятельство, что угля сжигается меньше, чем природного газа (в переводе на условное топливо), именно уголь определяет основные экологические проблемы. Однако, учитывая экономические факторы, в перспективе предполагается изменение структуры топлива российских ТЭС в пользу угля [12].

Рассматривая работу ТЭС, можно выделить следующие основные механизмы загрязнения природной среды и воздействия на нее со стороны объектов теплоэнергетики: выбросы загрязняющих агентов в атмосферу в виде пыли, зольных частиц, окислов серы, азота и углерода; сброс химически загрязненных отработанных вод в поверхностные воды; общее загрязнение природной среды золошлаковыми отходами угольных ТЭС; физическое загрязнение ландшафтных оболочек (тепловое, радиационное, электромагнитное, шумовое); негативные воздействия на биоту. Необходимые исходные данные для экологического обоснования размещения ТЭС и разработки проектной документации, включая разработку средств инженерной защиты от перечисленных воздействий, обеспечиваются комплексными инженерными изысканиями.

3. Зоны техногенного воздействия ТЭС и обоснование территорий геоэкологических исследований

В процессе инженерно-экологических изысканий обычно исследованию подвергается территория зоны влияния объекта, в пределах которой концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе превышают 5 % от предельно допустимых максимальных разовых концентраций. Учитывая многофакторный и более масштабный характер загрязнения природной среды, производимого ТЭС, представляется более естественным исследовать территорию, совпадающую с зоной техногенного воздействия (ЗТВ) ТЭС. Согласно [3], ЗТВ понимается как территория вокруг промышленного (хозяйственного) объекта, в пределах которой возможно достоверное установление в процессе экологических исследований негативных изменений в ландшафтной оболочке, обусловленных многофакторным влиянием объекта.

Таким образом, производство инженерно-экологических изысканий в пределах ЗТВ дает более адекватную картину геоэкологического состояния природной среды, чем в пределах зоны влияния [4]. Так, например, загрязнение рек можно обнаружить в десятках километров вниз по течению от места сброса, а при аварийных сбросах – и в сотнях километров. Отметим, что определение границ ЗТВ перед выполнением инженерно-экологических изысканий практически невозможно, можно лишь предполагать по данным объектов-аналогов, что горизонтальный масштаб ЗТВ составляет десятки километров. При этом конфигурация ЗТВ обусловлена не только количественными характеристиками техногенной нагрузки на окружающую среду, но также ландшафтными, климатическими, гидрологическими и другими особенностями территории.

ТЭС представляет собой крупный промышленный объект, в значительной мере влияющий не только на экологическую обстановку близлежащей территории, но и имеющий важное социальное значение. Поэтому при выполнении инженерно-экологических изысканий необходимо рассматривать гораздо большую территорию, выходящую за пределы формально определяемой ЗТВ. Следовательно, территория исследования должна быть протяженнее ЗТВ и представлять собой территорию административного района или группы районов [14]. Такой выбор территории исследования оправдан еще и тем обстоятельством, что статистические данные о природно-хозяйственном и социальном состоянии территории обычно относятся к административным районам.

4. Инженерно-экологические изыскания на объектах тепловой энергетики

Факторы воздействий ТЭС определяют высокие уровни техногенных нагрузок на окружающую природную среду. Это обстоятельство вынуждает проводить детальное изучение соответствующих природных и техногенных условий и их учет практически на всех этапах жизненного цикла ТЭС. Учет природных и техногенных условий производится как в рамках инженерных изысканий, так и при реализации экологического мониторинга. Учет природных и техногенных условий территорий размещения объектов необходим, в частности, для разработки экологически безопасных промышленных технологий очистки выбросов и сточных вод, а также оптимального складирования твердых отходов. Таким образом, в условиях современного общества все большую актуальность приобретает тенденция ужесточения требований к «экологизации» строительной деятельности в тепловой энергетике и эксплуатации ее объектов. Специфика упомянутых выше нормативно-технических документов [16; 17] заключается в том, что они носят заостренный на экологические вопросы характер, вследствие чего могут служить базой для «экологизации» строительства.

Остановимся на результатах, полученных при участии автора в процессе реализации инженерно-экологических изыскательских работ на площадке упомянутых выше энергетических объектов. Необходимым этапом инженерно-экологических изыскательских работ является анализ экологической изученности и описание состояния компонентов природной среды по фондовым и литературным данным. Для получения комплексной картины состояния природной среды использовались материалы выполненных ранее инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических изысканий, а также фондовые и литературные данные. В результате анализа этих материалов были составлены комплексные характеристики природных условий районов размещения перечисленных ТЭС, включающие описание климатических, геоморфологических, гидрологических, геологических, гидрогеологических условий, почвенного покрова, растительного и животного мира, хозяйственного использования территории, социальной сферы, объектов историко-культурного наследия, заповедников, заказников и памятников природы.

В ходе полевых исследований отбирались пробы почвы (гумусового и переходного горизонтов), почвообразующей породы, грунта, золы, поверхностных вод, снега, донных отложений, растительности (стеблей и корней растений, грибов), рыбы. Программой полевых работ предусматривались также газогеохимические исследования, гамма-съемка и исследование радоноопасности. Полевые работы проводились Производственным и научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС) и ООО «Тэпизыскания». При выборе точек отбора проб и полевых измерений учитывались характер рельефа, среднегодовая роза ветров, положение водных объектов, геологическое строение территорий, расположение населенных пунктов и дорожных коммуникаций.

Пробы подвергались многоэлементному химическому анализу и специальным анализам на содержание ртути, бенз(а)пирена и нефтепродуктов. Химический анализ снеговых проб позволил оценить интенсивность осаждения различных загрязняющих веществ на земную поверхность. По результатам микробиологического и паразитологического исследования проб почвы, грунта и донных отложений оценивалось биологическое загрязнение территорий. С помощью анализа на радиоактивность в пробах почвы, золы, донных отложений определялось содержание естественных радионуклидов (ЕРН) и цезия-137. Лабораторные исследования на различных этапах изыскательских работ проводились в ВИМС им. Н.М. Федоровского, Московском государственном геологоразведочном университете, Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, ООО

«Эко-Дизайн Инжиниринг», РНЦ «Курчатовский институт», ФГУП «НИИВодГео», ГНЦ «Институт биофизики» и территориальных организациях Роспотребнадзора.

По результатам инженерно-экологических изысканий получена комплексная характеристика современного геоэкологического состояния исследуемых территорий, получены количественные оценки уровня загрязнений и установлена пригодность территорий для намечаемых строительных работ. Кроме того, выполнены прогнозные оценки возможных неблагоприятных изменений природной и техногенной среды при строительстве и эксплуатации объектов. Эти оценки обеспечили разработку рекомендаций и предложений по предотвращению и снижению последствий строительных работ и эксплуатации объектов. Основные рекомендации и предложения предусматривают:

– использование технологий рекультивации почвы после проведения строительных работ;

– оснащение энергоблоков парогазовыми установками с высоким КПД (для Мордовской ГРЭС);

– использование технологий, обеспечивающих уменьшение выбросов окислов азота;

– использование технологий, снижающих безвозвратные потери воды и уменьшающих сбросы засоленных и загрязненных вод;

– разработку технологий, исключающих залповые выбросы и сбросы загрязняющих веществ;

– обеспечение контроля за экологическими и санитарными ограничениями по использованию химически и биологически загрязненных грунтов при их использовании в строительных работах;

– использование строительных материалов с активностью ЕРН, не превышающей нормативного уровня;

– проведение радиационного контроля помещений при производстве строительных работ;

– использование опробованных ранее технологий консервации отработанных золоотвалов (для Черепетской ГРЭС);

– уменьшение объема складируемых золошлаковых отходов путем организации производства строительных материалов (для Черепетской ГРЭС);

– организацию системы локального экологического мониторинга.

Результаты, полученные в рамках геоэкологических исследований территорий размещения ТЭС, позволили также предложить схему ранжирования факторов воздействий ТЭС на человека и компоненты природной среды, т. е. построить последовательность приоритетов по учету этих факторов при разработке соответствующих средств инженерной защиты и природоохранных мероприятий [7]. При обосновании выбора площадок АЭС требованиями нормативных документов предусмотрено детальное изучение климатических условий атмосферной дисперсии [18; 19]. Однако, несмотря на значительно большую опасность рассеивания выбросов из дымовых труб ТЭС по сравнению с воздействием АЭС, должного внимания исследованию атмосферной дисперсии на площадках ТЭС не уделяется. В действующих ведомственных строительных нормах [11] данный вопрос хотя и поднимается, но детально не рассматривается. В работе [2] описывается процедура исследований атмосферной дисперсии для строительства АЭС и ТЭС и даются рекомендации по проведению аналогичных исследований на площадках ТЭС. В частности, в работе [2] описан разработанный при участии автора пакет компьютерных программ статистической обработки аэрологических данных и расчета полей коэффициента метеорологического разбавления.

5. Экологическое обоснование строительства мобильных пиковых газотурбинных электростанций (МПГТЭС)

Одной из важных проблем энергосистем России является перегруженность электрических сетей и подстанций. В качестве временного источника дополнительных мощностей до окончания строительства новых электростанций и реконструкции существу-

ющих используются мобильные электростанции. Работа мобильных электростанций предусматривает в первую очередь снабжение электроэнергией жилых домов и предприятий в осенне-зимний период и в пиковое время суток (в утренние и вечерние часы). Нормативная годовая продолжительность работы (МПГТЭС) не превышает 150 часов.

МПГТЭС успешно эксплуатируются более чем в 40 странах [13], в том числе и в России [10], где размещены 10 МПГТЭС (по состоянию на начало 2011 г.). Для оснащения МПГТЭС в большинстве случаев используется оборудование компании Pratt & Whitney Power Systems. Несмотря на свою сравнительно небольшую мощность (обычно 22.5, 45.0 или 67.5 МВт), МПГТЭС, так же как и традиционные ТЭС, тоже вносят свой вклад в загрязнение окружающей среды. При этом негативное воздействие МПГТЭС становится более очевидным, если рассматривать количественные характеристики загрязнения, производимые МПГТЭС при выработке 1 кВтч электроэнергии. Таким образом, МПГТЭС являются серьезными источниками загрязнения и техногенных нагрузок на окружающую природную среду и поэтому вынуждают проводить детальную оценку их негативного воздействия при строительстве и эксплуатации МПГТЭС.

Результаты оценки экологичности проектов строительства пяти МПГТЭС – в г. Пушкино (Московская обл.), пос. Рублево (г. Москва), г. Кызыл (Республика Тыва), г. Саяногорск (Республика Хакасия), г. Кодинск (Красноярский край), полученные при участии автора, позволили выявить основные особенности воздействия МПГТС на природную среду, которые полезно использовать при разработке ОВОС и проектов строительства новых МПГТЭС. В частности установлено, что наиболее значимые воздействия МПГТЭС касаются загрязнения атмосферного воздуха и акустического загрязнения. Другие воздействия (загрязнение почвы, нарушение геологической среды и захламление ее твердыми отходами, тепловое, электромагнитное загрязнение) можно отнести к второстепенным.

Проведенное комплексное исследование геоэкологического состояния территорий размещения ряда тепловых электростанций позволило построить концептуальную схему производства инженерно-экологических изысканий для объектов тепловой энергетики. По результатам инженерно-экологических изысканий выявлены особенности геоэкологического состояния исследованных территорий, получены количественные оценки уровня загрязнений, установлена пригодность территорий для намечаемых строительных работ. Выполненные прогнозные оценки возможных неблагоприятных изменений природной и техногенной среды при строительстве и эксплуатации ТЭС обеспечили разработку рекомендаций и предложений по предотвращению и снижению последствий строительных работ и эксплуатации объектов. В том числе установлена последовательность приоритетов по учету негативных факторов воздействий ТЭС на человека и компоненты природной среды при разработке соответствующих средств инженерной защиты и природоохранных мероприятий. А результаты оценки экологичности проектов строительства МПГТЭС в различных регионах России позволили установить, что наиболее значимые воздействия МПГТЭС относятся к загрязнению атмосферного воздуха и акустическому загрязнению. Другие виды воздействий можно отнести к второстепенным.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ:

1. 80 лет развития энергетики. От плана ГОЭЛРО к реконструкции РАО «ЕЭС России». – М.: АО «Информэнерго», 2000. – 528 с.
2. Алдухов О.А., Брюхань А.Ф. Пакет программ статистической обработки аэрологических данных для оценки условий атмосферной дисперсии при геоэкологическом обосновании строительства АЭС и ТЭС // Вестник МГСУ. – 2012. – № 2. – С. 188-192.
3. Брюхань А.Ф. Зоны техногенного воздействия тепловых электростанций // Вестник РГУ им. И. Канта. Сер. «Естественные науки». – 2011. – Вып. 1. – С. 16-22.

4. Брюхань А.Ф. Масштабы техногенного воздействия тепловых электростанций на ландшафтные компоненты // Вестник Московского государственного областного университета. Сер. «Естественные науки». – 2012. – № 3. – С. 74-80.
5. Брюхань А.Ф. Оценка загрязнения почвы в районе площадки Мордовской ГРЭС // 3-и Денисовские чтения. – М.: МГСУ, 2005. – С. 46-49.
6. Брюхань А.Ф. Оценка техногенного загрязнения ландшафтов выбросами тепловых электростанций по результатам снегомерной съемки // Вестник Московского государственного областного университета. Сер. «Естественные науки». – 2010. – № 4. – С. 90-93.
7. Брюхань А.Ф., Брюхань Ф.Ф., Потапов А.Д. Инженерно-экологические изыскания для строительства тепловых электростанций. – М.: АСВ, 2010. – 192 с.
8. Брюхань А.Ф., Брюхань Ф.Ф., Хацкевич А.Н. Исследование многокомпонентного загрязнения природной среды при инженерно-экологических изысканиях в районе золоотвала Черепетской ГРЭС // Промышленное и гражданское строительство. – 2005. – № 4. – С. 23-24.
9. Брюхань А.Ф., Маликов А.В., Хныкин И.А. Аккумуляция загрязняющих веществ в биоте от техногенного воздействия Черепетской ГРЭС // Вестник МГСУ. – 2009. – № 3. – С. 75-79.
10. Брюхань А.Ф., Черемикина Е.А. Мобильные пиковые газотурбинные электростанции и окружающая среда. – М.: Изд-во Форум, 2011. – 128 с.
11. ВСН 34 72.111-92. Ведомственные строительные нормы. Инженерные изыскания для проектирования тепловых электрических станций. – М.: Минтопэнерго РФ, 1992. – 121 с.
12. Гаврилов Е.И. Экологические проблемы энергетики // Сб. докладов научной конференции «Электроэнергетика России на рубеже XXI века и перспективы ее развития». – М.: ЭНИН, 1999. – С. 213-223.
13. Полушкин Р.В. Мобильная помощь умещается в грузовике // Энергия России. – 2006. – № 28 (239). – С. 2.
14. Потапов А.Д., Руженков В.В., Брюхань А.Ф. Оценка геоэкологического состояния ландшафтов территории размещения Мордовской ГРЭС в рамках комплексных инженерных изысканий. // Экология урбанизированных территорий. – 2006. – № 3. – С. 52-55.
15. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. Учебное и справочное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 671 с.
16. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М.: Минстрой России, 1997. – 44 с.
17. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – М.: Госстрой России, 1997. – 41 с.
18. СППНАЭ-87. Сводный перечень и план разработки правил и норм в области атомной энергетики. П. 4.1. Основные требования по составу и объему изысканий и исследований при выборе пункта и площадки АС. – М.: Минатомэнерго СССР, 1987. – 93 с.
19. Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting: A Safety Guide // IAEA Safety series. No 50-SG-S3. – Vienna: IAEA, 1980. – 108 p.
20. Bryukhan A.F. Preliminary Assessment of the Environmental Impact of the Planned Construction of the Mikhailovsky Mining Enterprise's Thermal Power Plant // Materials of the 2nd International Research and Practice Conference «European Science and Technology». Vol. 2. – Wiesbaden (Germany), 2012. – P. 193-198.
21. International Energy Annual 2002. – Washington: Energy Information Administration, 2004. – 258 p.
22. WEC Survey of Energy Resources. – London: World Energy Council, 2001. – 310 p.

УДК 551.5:556.5

Виноградов А.Ю.
ООО НПО «Гидротехпроект» (г. Валдай Новгородской обл.)

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ «КЛЕН»

A. Vinogradov
Gidrotehproekt Research and Development Association, Valday, Novgorod Region

SOME RESULTS OF METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL ENGINEERING SURVEYS ON THE KLYON DEPOSIT TERRITORY

Аннотация. В статье описываются результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий на золото-серебряном месторождении «Клен» (Билибинский район Чукотского автономного округа). Основная цель исследований состояла в получении исходных данных для проектирования производственных объектов месторождения. Дается краткое описание климатических условий территории месторождения и ее гидрологического режима, приводятся соответствующие количественные характеристики. Отмечается необходимость организации временных постов метеорологических и гидрологических наблюдений, программа которых должна быть увязана с программой локального экологического мониторинга.

Ключевые слова: инженерно-гидрометеорологические изыскания, месторождение «Клен», проектирование, климатический режим, гидрологический режим, мониторинг.

Abstract. The paper describes the results of meteorological and hydrological engineering surveys on the gold and silver Klyon deposit (Bilibinsky district of Chukotka Autonomous Okrug). The general purpose of the survey was to obtain basic data for the design of the deposit's production facilities. A brief description of the climatic conditions of the deposit territory and its hydrological regime are presented, and relevant quantitative characteristics are provided. The need is noted for the provision of the temporary points of meteorological and hydrological observations, whose program should be harmonized with that of the local environmental monitoring.

Key words: meteorological and hydrological engineering survey, Klyon deposit, design, climatic regime, hydrological regime, monitoring.

В ООО НПО «Гидротехпроект» были выполнены изыскательские работы, цель которых состояла в получении исходных гидрометеорологических данных для проектирования производственных объектов месторождения «Клен». Ниже представлены основные результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий на территории размещения золотосеребряного месторождения «Клен» (Билибинский район Чукотского автономного округа), расположенного в районе водораздела двух правых притоков рек Колымы и Омолон с запада и р. Большой Анюй с востока. Для решения поставленных задач выполнен комплекс полевых и камеральных работ, которые включали:

– сбор, анализ и обработку гидрометеорологических данных;
– описание климатических условий исследуемой территории;
– рекогносцировочное обследование местности;
– гидрологическое обследование основных водных объектов территории – ручьев Клен и Алиса, их водосборов и окрестностей;
– нивелирование отметок воды (определение уклонов водной поверхности) и промеры глубин по тальвегу водотока;

© Виноградов А.Ю., 2012.

– нивелирование морфостворов;

– измерение расходов воды;

– определение площадей водосборов ручьев Клен и Алиса в проектных створах;

– расчеты основных гидрологических характеристик водотоков в проектных створах (норм стока, максимальных и минимальных уровней и расходов);

– исследование ледового режима водотоков и русловых процессов.

Работы выполнялись в соответствии с требованиями нормативно-технических документов, регламентирующих производство инженерно-гидрометеорологических изысканий [1; 4; 7; 8].

1. Климатические условия

Климатическая характеристика района составлена главным образом по данным ближайшей метеостанции Усть-Олой. Основные климатические характеристики определены с учетом материалов Научно-прикладного справочника по климату СССР [2], полученных на основе статистической обработки данных наблюдений за 30 лет. Кроме того, дополнительно использовались данные [5; 6]. Некоторые характеристики, отсутствующие в справочнике [2] для станции Усть-Олой, принимались по другим ближайшим метеостанциям. Помимо климатических данных, в настоящей работе использовались также данные архива срочных наблюдений Росгидромета за период 1986-2010 гг.

Основными факторами, определяющими климатические условия района строительства, являются его положение на северо-востоке Азиатского континента, сложное строение его поверхности, близость Северного Ледовитого океана и муссонный характер атмосферной циркуляции. Для данной местности характерны суровые зимы со средней температурой января ниже –38 °С. Зима длится 7 месяцев (с октября по апрель), переходные периоды короткие. В течение долгой зимы преобладает безоблачная тихая погода. Зима устанавливается практически сразу: период предзимья с чередованием временного установления и схода снежного покрова очень короток и составляет 1-2 декады, а иногда и вовсе отсутствует. В октябре максимальные температуры выше 0 °С наблюдаются в среднем всего 4-5 дней. Продолжительная и холодная зима способствует режиму, при котором превышение глубины промерзания грунта над летним оттаиванием приводит к увеличению мощности слоя многолетней мерзлоты. Многолетняя мерзлота на исследуемой территории распространена повсеместно.

Температура воздуха. Среднегодовая температура воздуха – отрицательная и составляет –12.2 °С. Переход среднесуточных температур воздуха в положительный диапазон происходит во второй декаде мая, а в отрицательный – во второй декаде сентября. Падение температуры в начале зимы (в октябре) происходит быстро: в ноябре уже господствуют сильные морозы, а декабрь, январь и февраль являются наиболее холодными месяцами. Наиболее низкие температуры воздуха наблюдаются в январе, самые высокие – в июле. Абсолютный минимум наблюдался в 2002 г. (–59.6 °С), абсолютный максимум – в 2003 г. (+34.2 °С). Характерная особенность термического режима – большие годовые амплитуды, достигающие 80-90 °С. Продолжительность периода с отрицательной средней суточной температурой воздуха составляет 234 дня, а средняя температура этого периода –23.5 °С. В результате частых вторжений свежих масс арктического воздуха, большой амплитуды температуры, интенсивного ночного излучения и большой затраты тепла на таяние и прогрев верхнего слоя мерзлоты безморозный период очень короткий. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 51 день – с 7 июня по 29 июля.

Температура почвы и криогенные условия. Температура поверхности почвы весьма близка к температуре воздуха в течение всего года. В районе изысканий повсеместно распространены многолетнемерзлые породы. Мощность многолетнемерзлой толщи мерзлоты изменяется от 100-300 м в пределах низменностей до 300-500 м в горных районах.

Глубина сезонной оттайки грунтов зависит от его уплотнения, гранулометрического состава рыхлого покрова, степени увлажнения, растительности, экспозиции склона и составляет в горных районах 0.8-1.8 м, на равнинах – 0.3-0.4 м. В годовом ходе температура поверхности почвы изменяется от –36 °С зимой до 15 °С летом при среднегодовом значении –36 °С.

Влажность воздуха. Парциальное давление водяного пара быстро возрастает от зимы к лету (от 0.3 до 10.0 гПа при среднегодовом значении 3.6 гПа), в то время как относительная влажность в годовом ходе изменяется незначительно (62-80 % при среднегодовом значении 73 %).

Атмосферные осадки. Режим атмосферных осадков в течение всего года определяется циклонической деятельностью и связан с атмосферными фронтами. Минимальное месячное количество осадков наблюдается с февраля по май и составляет 9-13 мм. Максимум осадков приходится на июль-август и достигает 40-49 мм. Годовая норма осадков составляет 266 мм. По виду осадков 45 % (119 мм) выпадает в виде дождя, 7 % (19 мм) – в смешанном виде (дождь и мокрый снег), 48 % (128 мм) – в твердом виде (снег). В летний период осадки чаще всего носят ливневый характер. Максимальная интенсивность осадков в течение 1 часа составляет 0.1 мм/мин, в течение суток – 0.02 мм/мин. Средняя продолжительность сильных дождей (≥ 2.0 мм) составляет 4.8 часа.

Снежный покров. Как уже отмечалось ранее, осадков в виде снега выпадает 48 % от годовой суммы. Устойчивый снежный покров устанавливается в начале октября, а на высотах более 600-700 м – в последних числах сентября. Средняя дата появления снежного покрова – 20 сентября, средняя дата образования устойчивого снежного покрова – 5 октября. Среднее число дней со снежным покровом составляет 228 дней. Снежный покров часто ложится на замерзшую землю в сопровождении резкого понижения температуры и замерзания водоемов и нарастает быстро. Максимальный прирост снежного покрова происходит в ноябре (25 см). Значительные снегопады свойственны преимущественно первой половине зимы, когда за месяц отмечается до 10-15 дней со снегом. Даты установления санного пути (когда высота снежного покрова достигает 10 см и выше) обычно отстают на 10-14 дней от даты установления снежного покрова. К 1 января обычно формируется 40 % массы снежного покрова. Нарастает снежный покров до начала апреля.

Средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова – 17 мая. Средняя дата схода снежного покрова – 21 мая. Средняя высота снежного покрова в лесу составляет около 50 см. В результате ветрового перераспределения снега в ложбинах образуются снеговые забои. В противоположность рыхлому снежному покрову долин, в горах снежный покров очень плотный (0.35-0.40 г/см^3).

Снегопады на исследуемой территории сопровождаются сильными ветрами. Снег перевивается, поэтому возникают частые и мощные снегозаносы дорог. Расчетная высота снежного покрова с вероятностью превышения 5 % составляет 85 см. Наибольший запас воды в снежном покрове составляет 176 мм, среднее значение из наибольших – 120 мм. Объем снегопереноса обеспеченностью 1 раз в 20 лет составляет 124 м^3/м. Нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 согласно [5] составляет 1.5 кПа.

Ветер. Для ветрового режима района характерно преобладание ветров вдоль речных долин. В течение всего года преобладают ветры северного и северо-западного, а также южного и юго-восточного направлений. Наряду с этим в течение всего года наблюдается высокая повторяемость штилей, связанная с преобладанием антициклонической погоды. Среднемесячные и среднегодовая скорости ветра незначительны (1-2 м/с) и обусловлены высокой повторяемостью штилей в условиях антициклонической погоды. Ветры со скоростью, превышающей 15 м/с, наблюдаются редко и чаще всего во второй половине лета и начале осени. Согласно карте климатического районирования по давлению ветра [5], территория проектирования относится ко II-

му ветровому району с нормативным ветровым давлением, составляющем 0.30 кПа.

Атмосферные явления. Среднее число дней с туманом составляет 6.1 дня, наибольшее – 21. Продолжительность туманов в среднем за год составляет 27 часов. Чаще всего туманы отмечаются в зимний и осенний периоды. Туманы зимой совершенно не свойственны перевалам и значительным возвышенностям и характерны для долин, где интенсивно развивается изморозь большой мощности. Морозные туманы держатся иногда по 5-8 дней. В начале и в конце зимы заметен суточный ход тумана: он ослабевает к полудню и вновь сгущается к 18 часам. Вертикальная мощность слоя туманов обычно не превышает 100-200 м. Горизонтальная видимость в морозном тумане находится в пределах 100-150 м, а при плотных туманах может снижаться до значений менее 10 м.

Грозы в исследуемом районе наблюдаются с июня по август и довольно редко. Однако они бывают интенсивными. Особенно мощны фронтальные грозы, связанные с прохождением холодных фронтов. В среднем за год число дней с грозой составляет 3.8. Наибольшее число дней с грозой в году – 10. Средняя продолжительность гроз в году оставляет 4.3 часа. При этом средняя продолжительность грозы в день с грозой составляет 1.1 часа, а максимальная непрерывная продолжительность – 5.5 часа.

Метели начинаются с сентября и продолжаются до мая. Продолжительность и интенсивность метелей обычно невелики. Среднее число дней в году с метелью составляет 12.7 дней, их средняя продолжительность – 6-8 часов.

Гололедные явления обычно отмечаются в виде кристаллической изморози. Среднее число дней в году с обледенением проводов гололедного станка составляет 22.4, наибольшее – 50. Масса изморозевых отложений достигает 40 г/м. Согласно карте климатического районирования по толщине стенки гололеда [5], территория относится к горным и малоизученным районам. В то же время территория месторождения «Клен» находится вблизи границы, разделяющей II-й и III-й гололедные районы. С учетом малой изученности территории месторождения «Клен», для нее можно принять наиболее неблагоприятные гололедные условия: III-й гололедный район и соответствующую ей нормативную толщину стенки гололеда (превышаемую 1 раз в 5 лет) на элементах кругового сечения диаметром 10 мм, расположенных на высоте 10 м над поверхностью земли, которая составляет 10 мм согласно [5].

2. Гидрологический режим

Основные водотоки района месторождения – ручьи Клен и Алиса. В рамках изыскательских работ исследовались оба водотока, однако более детально – ручей Алиса. Это обстоятельство связано с тем, что забор воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения будет производиться из ручья Алиса. С запада от участка изысканий протекает ручей Клен. В настоящей статье он детально не описывается, так как не оказывает гидрологического влияния на территорию месторождения «Клен». Установлено, что ручей Клен более полноводен, чем ручей Алиса, шире него и глубже. В гидрологическом отношении он мог быть более приемлем для использования в качестве источника водоснабжения и приемника сточных вод, чем ручей Алиса. Однако он расположен дальше от проектируемых объектов месторождения «Клен» и менее удобен для использования.

Ручей Алиса протекает с севера на юг по ложбине между отдельными сопками северных отрогов Олойского хребта. Ручей впадает слева в р. Раковского, правый приток р. Кричальская, являющийся левым притоком р. Большой Анюй. Река Большой Анюй берет начало на Анадырском плоскогорье. Сливаясь с р. Малый Анюй, она образует р. Анюй – правый приток р. Колымы. Река Колыма впадает в Колымский залив Восточно-Сибирского моря тремя главными протоками: Каменная Колыма, Походская Колыма и Чукочья. Таким образом, исследуемый ручей Алиса относится к бассейну р. Колымы.

Ручей Алиса относится к малым водотокам. Его длина от истока до проектируемого створа водозабора составляет 2.2 км, от истока до проектируемого выпуска сточных вод – 6.8 км. Площади водосбора составляют соответственно 4.3 и 16.0 км^2. Долина ручья прямая, вытянутая с северо-запада на юго-восток. Пойма ручья Алиса узкая, в некоторых местах односторонняя, шириной до 20-50 м. Ширина ручья Алиса составляет 1.5-2.0 м, глубина русла в бровках – 0.4-0.6 м, глубина воды в межень – 0.2-0.3 м. Скорость течения в межень изменяется в пределах от 0.1-0.2 м/с в плесах до 0.5-0.7 м/с на перекатах, в местах заломов и искусственных отсыпок. Плановые деформации берегов слабые (не превышают 1.5 м в каждую сторону за период техногенного воздействия при проведении геологоразведочных работ). Продольный уклон, измеренный в период полевых работ, составляет 36-42 ‰, коэффициент шероховатости русла – 0.050, поймы – 0.080.

Русло ручья Алисы слабоизвилистое, сильно врезанное. Все деформации происходят в русле путем перемещения гряд и мезоформ по схеме побочневого или ленточногрядового типа русловых процессов. Максимальный плановый размыв ручья Алиса за период эксплуатации месторождения в 30 лет не превысит 1.5 м. Размыв возможен как в сторону левого, так и в сторону правого берега. Минимальная отметка профиля предельного размыва дна ручья в проектном створе составляет 379.24 м БС. Максимальная отметка намыва по тальвегу 380.52 м БС.

В гидрологическом отношении ручей Алиса ранее не изучался, поскольку на малых водотоках Чукотки режимные гидрологические наблюдения проводятся на ограниченном числе рек. Кроме того, такие наблюдения, как правило, непродолжительны. Полевые работы в составе инженерных изысканий проводились с 8 августа по 28 августа 2012 г. Работы включали получение необходимых данных для последующих расчетов характеристик гидрологического режима. Расчетные характеристики стока ручья Алиса определены в соответствии с требованиями [3; 8]. Кроме того, для оценки водного режима ручья Алиса в проектных створах использованы материалы наблюдений Росгидромета по рекам-аналогам района изысканий с относительно длинными рядами наблюдений: р. Тополевка (створ – пос. Дальний); р. Пеймына – (створ – 1.5 км от устья); р. Баимка (створ – пос. Баимка).

Основные черты водного режима водотоков бассейна Большой Анюй определяют суровые климатические условия, расчлененный рельеф, повсеместное распространение многолетней мерзлоты. Водный режим характеризуется весьма неравномерным внутригодовым распределением стока, свойственным рекам Восточной Сибири и севера Дальнего Востока: – высоким весенним половодьем; – частыми летними паводками, которые обычно по объему не достигают весеннего половодья, но для малых рек могут превышать максимальные расходы воды; – низкой зимней меженью. Питание водотоков смешанное: снеговое (47 %), дождевое (42 %) и подземное (11 %). Сток весенне-летнего периода составляет 90-95 % годового объема. Наибольшая часть его приходится на долю весеннего половодья: 40-50 % годового объема.

Половодье. Для бассейна Большого Анюя характерно ярко выраженное снеговое половодье. Количество зимних осадков составляет 75-100 мм. Интенсивность снеготаяния определяется ходом температуры воздуха и характерными для рассматриваемой территории возвратами холодов в период весеннего половодья. Начинается половодье обычно в третьей декаде мая, пик проходит в первой декаде июня, заканчивается во второй половине июня. Весеннее половодье начинается во второй половине мая и из-за возврата холодов расчленено на серию пиков. В период снеготаяния на ходе колебания уровней отражается внутрисуточный ход с амплитудой 0.1-0.2 м, обусловленный суточным ходом солнечной радиации. Максимум весеннего половодья наблюдается в первых числах июня, заканчивается половодье во второй половине июня. На пик половодья могут накладываться отдельные дождевые паводки.

Средний слой стока за половодье в бассейне Большого Анюя составляет 80-120 мм, доля дождевых вод составляет 10-15 % общего стока за половодье.

Летняя межень и дождевые паводки. Характер водного режима в летний период после окончания весеннего половодья целиком определяется характером выпадения осадков. В летнее время уровень воды падает, и только в период дождей наблюдается подъем воды и образование кратковременных паводков. Паводочный период начинается с июня и продолжается по сентябрь. Дождевые паводки на ручье Алиса могут наблюдаться в любом месяце теплого периода. Число дождевых паводков может составлять за теплый период от 3 до 5 и иногда больше. Форма гидрографа за этот период имеет гребенчатый вид. Продолжительность паводков обычно не превышает 10 дней. Основными факторами, определяющими величину максимального расхода воды и объем паводочного стока, являются интенсивность и слой выпавших дождевых осадков за дождь, а также предшествующая дождю увлажненность. Межпаводочные периоды непродолжительны, летняя межень не характерна. Наибольшие паводки чаще отмечаются в июле-августе.

Летний меженный период, как правило, начинается во второй половине лета и заканчивается на подъеме осеннего паводка. Сроки наступления межени и ее продолжительность определяются бездождевым периодом. Средняя продолжительность межени составляет 20 дней. В отдельные, особо засушливые годы, она может захватывать все лето. Осенью, с уменьшением количества выпадающих осадков, дождевое питание рек снижается. Доля осеннего стока составляет 5-6 % годового объема. В сентябре, с понижением температуры, дожди прекращаются и уровни начинают падать. В середине сентября-первой декаде октября появляются забереги.

Зимняя межень. На зимний меженный период проходится 0.5-2 % годового объема стока. Ручей Алиса ежегодно зимой перемерзает.

Уровенный и стоковый режимы. Наивысший уровень воды в створе водозабора составляет 381.44 м БС, в створе выпуска – 237.98 м БС. Максимальные расходы воды выходят на пойму слоем 0.2-0.5 м. При этом пойма заливается на ширину не более 10-15 м.

Норма стока ручья Алиса в проектном створе водозабора составляет 30.1 л/с, в створе выпуска – 112 л/с. Максимальные расходы воды в половодье меньше максимальных расходов воды паводков. Максимальные расходы воды паводков в створе водозабора $Q(1\ \%)$ = 6.62 м^3/с, в створе выпуска $Q(1\ \%)$ = 18.8 м^3/с. Минимальный летний расход воды 80 % обеспеченности в проектном створе водозабора Q_{min} = 0.009 м^3/с.

Ледовый режим. Зимой ручей Алиса всегда перемерзает на 3-6 месяцев. Продолжительность ледостава составляет в среднем 230-260 дней.

3. Гидрометеорологический мониторинг

Как уже отмечалось, и в климатическом и в гидрологическом отношении территория месторождения «Клен» практически не изучена. Наряду с этим эксплуатация месторождения определяет необходимость как в данных текущих наблюдений, так и в данных по климатическому и гидрологическому режиму. В связи с этим обстоятельством необходима организация поста метеорологических наблюдений на время строительства и эксплуатации объекта. Аналогичным образом к началу строительства необходимо организовать гидрометрические посты наблюдений на ручьях Клен и Алиса, которые будут обеспечивать получение регулярной информации о гидрологических условиях в период обустройства месторождения и его эксплуатации. Программу гидрометеорологических наблюдений на временных постах необходимо увязать с программой системы локального экологического мониторинга, разработка которого намечена в рамках проектных работ.

В рамках инженерно-гидрометеорологических изысканий выполнено исследование климатического и гидрологического режима территории месторождения «Клен», по ре-

зультатам которого описаны климатические условия исследуемой территории и ее гидрологический режим, приведены соответствующие количественные характеристики. Установлена необходимость организации временных постов метеорологических и гидрологических наблюдений, программа которых должна быть увязана с программой локального экологического мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2. Часть. 2. Гидрологические наблюдения на постах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 264 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Части 1-6. Вып. 33. Магаданская область, Чукотский автономный округ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 487 с.
3. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л., Гидрометеоиздат, 1984. – 448 с.
4. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М.: Минстрой России, 1997. – 44 с.
5. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. – М.: Госстрой СССР, 1987. – 67 с.
6. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. – М.: Стройиздат, 2003. – 70 с.
7. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. – М.: Госстрой России, 1997. – 62 с.
8. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М., Госстрой России: 2004. – 86 с.

УДК 591.5;364.122.5;502.3

Гуртяк А.А.
Югорский государственный университет (г. Ханты-Мансийск)

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ

A. Gurtyak
Ugra State University, Khanty-Mansiysk

ON ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF URBAN AREAS USING THE FLUCTUATING ASYMMETRY COEFFICIENT

Аннотация. Изучена пространственно-временная динамика коэффициента флуктуирующей асимметрии. Обозначены причины её динамики. Оценено влияние метеорологических характеристик климата и химического загрязнения компонентов окружающей среды на коэффициент флуктуирующей асимметрии. Разработан и апробирован новый способ оценки состояния природных систем на основе модифицированного коэффициента флуктуирующей асимметрии. Представлен вариант оценочной шкалы условий среды, разработанный на основе модифицированного коэффициента флуктуирующей асимметрии. Данная модификация методики позволяет сократить трудовые и временные затраты.

Ключевые слова: биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, береза повислая (Betula pendula R.).

Abstract. The spatiotemporal dynamics of the fluctuating asymmetry coefficient is studied. The reasons of its dynamics are explained. The influence of the climate's meteorological characteristics and chemical pollution of environmental components on the fluctuating asymmetry coefficient is estimated. A new method of estimation of the conditions of natural systems on the basis of the fluctuating asymmetry modified coefficient is developed and tested. The variant of an estimated scale of conditions of the environment, developed on the basis of the modified coefficient of fluctuating asymmetry, is presented. The improvement of this technique allows one to reduce time and labor costs.

Key words: bioindication, fluctuating asymmetry, Betula pendula Roth.

Изменения природной среды под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека усиливаются, вследствие чего возникает необходимость оперативной оценки негативных изменений состояния окружающей природной среды. В настоящее время такая оценка особенно актуальна для городских территорий. Согласно данным «НПЦ Мониторинг» [5, с. 10] за 2010 г. состояние окружающей среды в Ханты-Мансийске остаётся удовлетворительным. Однако полученные результаты основываются на сравнении узкого круга поллютантов с нормативами предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ. Благодаря проведению комплексных экологических исследований можно получить более объективные результаты, проведя не только оценку загрязнения компонентов в отдельности, но и экологическое состояние природной среды в целом.

Целью данной работы является разработка модифицированной методики экологической оценки урбанизированных территорий на примере г. Ханты-Мансийск с использованием берёзы повислой (*Betula pendula R.*) в качестве биоиндикатора техногенных воздействий. Для определения состояния экосистем города, прежде всего, используется мониторинг зеленых насаждений. В работах [3; 4 и др.] была обоснована возможность использования асимметричности листа в качестве неспецифического показателя отклонения от нормы развития растения, связанного с влиянием различных стрессовых факторов, в том числе загрязнения

© Гуртяк А.А., 2012.

окружающей среды. Степень несимметричности листа выражается в виде коэффициента флуктуирующей асимметрии (ФА). Высокий показатель асимметрии указывает на неблагоприятные условия произрастания тест-объекта, а низкий – указывает, что условия среды близки к нормальным [3].

В работах [1, с. 38-43; 2, с. 200] показаны основные результаты проведения оценки состояния окружающей среды Ханты-Мансийска с использованием коэффициента ФА. В 2011 г. работы были продолжены. Оценка проведена на основе большого числа точек отбора проб, расположенных на территории города (124 шт.) и за его пределами (6 шт.). Общее количество обследованных листьев с 2003 г. по настоящее время составляет около 20 000 единиц, а деревьев – около 350. Обнаружено, что наиболее негативное антропогенное влияние приходится на объекты, расположенные в пределах города. По результатам биомониторинга общая экологическая обстановка г. Ханты-Мансийск в 2011 г. характеризуется средними отклонениями от нормы (среднее значение коэффициента ФА = 0,04765, при выборке 1600, стандартном отклонении 0,027 и доверительном интервале 0,0013). Все исследуемые территории за пределами городской черты характеризуются благоприятными условиями среды, за исключением восточных и северо-восточных территорий, что связано, по-видимому, с тем, что западные и юго-западные ветра, по данным метеорологических наблюдений, являются преобладающими.

Для оценки динамики изучаемого показателя во времени составлена таблица средних значений коэффициента ФА г. Ханты-Мансийска без учёта загородных территорий (табл. 1), из которой видно, что уровень коэффициента ФА в целом снижается. Ввиду отсутствия в городе промышленных предприятий основное влияние на состояние среды города оказывает автотранспорт, что подтверждают химические анализы компонентов среды, опубликованные в работах [1, с. 415; 2, с. 200]. По-видимому, переход на экологически более чистые автомобили с современными системами контроля работы двигателя в связи с ужесточением требований к выхлопным газам в России и мире, а также постепенная замена российских автомобилей импортными привели к улучшению среды в рассматриваемом регионе.

Использованная в работе методика по определению коэффициента ФА [3] требует значительных затрат времени, особенно в случаях, когда необходимо подвергнуть обработке большой объём собранного материала. В связи с этим разработана и апробирована модификация методики, позволяющая сократить трудовые и временные затраты. Определение величины площади левой и правой половинки листа, а затем их попарное сравнение может стать новым признаком коэффициента ФА. Для этого произведена его оценка на соответствие закону нормального распределения. Как показал анализ с применением критерия Колмогорова-Смирнова (оценка характера распределения R–L изучаемого признака), значения выборок соответствуют закону нормального распределения. Таким образом, мы косвенно подтверждаем отсутствие проявления направленной асим-

Таблица 1

Средние значения коэффициента ФА для территории Ханты-Мансийска и доверительный интервал коэффициента ФА

Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	сред.
ФА	0,056	0,052	0,051	0,052	0,054	0,049	0,048	0,048	0,048	0,051
Доверит. интервал	0,006	0,006	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005
Балл	V	IV	IV	IV	V	III	III	III	III	IV

метрии у изучаемого признака. Также проведён анализ на наличие корреляционной связи между абсолютными значениями асимметрии (R-L) и средними значениями признака (R+L)/2. Анализ проводился для всех групп листьев, было задействовано 10 000 абсолютных и 5000 средних значений. Корреляция между значениями (R–L) и (R+L)/2 не наблюдается, что позволяет говорить об отсутствии влияния размера (величины) признака на ФА листовых параметров ($r = 0,04$; $p < 0,05$).

Была также определена технология, позволяющая измерить площади фигур сложной конфигурации листовых пластинок, состоящая из трёх этапов. На первом этапе листья сканируются. Далее полученные изображения подготавливаются в редакторе изображений (например, Adobe Photoshop) для классификации: затирается черешок листа и по главной жилке разрезается на левую и правую половинки. На втором этапе в среде Erdas Imagine v.9.2 изображение классифицируется. Таким образом, разграничивается листовая пластинка и окружающий фон. На последнем этапе изображение конвертируется из растрового в векторный формат, и в среде ArcMap v.9.2 из таблицы атрибутов выносятся данные величин отсканированных объектов. На их основе рассчитывается коэффициент асимметрии для данного промера.

В процессе анализа данных обнаружено, что значения промеров на левой и правой сторонах листа тесно коррелируют ($r = 0,92$ при $n = 8000$). В то же время значения разных промеров, а также величины их ФА, являются не скоррелированными между собой. Самые низкие коэффициенты найдены для третьего ($r = 0,03$) и пятого ($r= 0,11$) промеров из классической методики, что говорит об отсутствии связи с площадным промером. Наибольшие коэффициенты получены для второго ($r = 0,49$) и четвёртого ($r = 0,39$) промеров. Площадной промер не в полной мере характеризует асимметричность листа, т.к. не учитывает отклонения от нормы в центре листовой пластинки. Использование на практике только одного площадного признака для оценки условий среды является недостаточным. К тому же при работе с одним признаком увеличивается элемент ошибки. Поэтому к площадному признаку необходимо добавить третий и пятый промеры из методики Захарова [3]. В результате количество промеров снижается с пяти до трёх.

На основе материалов данной работы разработана и предложена модифицированная балльная шкала (табл. 2). Построение шкалы и вычисление границ баллов проводилось на основе разработанных подходов в рамках работы [6; с. 12-13]. Предлагаемый вариант пятибалльной шкалы позволяет более правильно учитывать фактические градации качества среды на основе изменённого комплекса признаков листовой пластинки. Полученная шкала применялась в подзоне средней тайги и, возможно, будет пригодна на более обширной территории.

Начиная с 2009 г. ежегодно проводится оценка состояния среды г. Ханты-Мансийск с помощью модифицированного коэффи-

Таблица 2

Нормативные и модифицированные величины интервалов пятибалльной шкалы для коэффициента ФА

Балл	Состояние среды	Нормативная величина коэффициента ФА	Модифицированная величина коэффициента ФА
I	Условно нормальное	< 0.040	< 0.025
II	Начальные отклонения от нормы	0.040 - 0.044	0.025 – 0.045
III	Средний уровень отклонений	0.045 - 0.049	0.045 – 0.060
IV	Существенные отклонения	0.050 - 0.054	0.060 – 0.080
V	Критическое состояние	> 0.054	>0.080

циента ФА (на основе трёх промеров). При сопоставлении балльных оценок разных методик в 70% случаев получены идентичные баллы условий среды, оценённые по средним значениям. При интерпретации полученных коэффициентов ФА (с учётом доверительного интервала) различий между методиками не обнаружено. Также наблюдается высокая корреляционная связь между изучаемыми коэффициентами (r = 0,85, при n = 10 000). По результатам биомониторинга с применением модифицированного коэффициента ФА построены карты, отражающие условия среды на территории г. Ханты-Мансийска. Анализ карт показал, что участки с наиболее благоприятными (I и II балл) и неблагоприятными условиями среды (IV и V балл) находятся в одних и тех же районах города, вне зависимости от применяемого метода оценки. Однако отмечено, что районы в центральной части города с применением классической методики характеризуются критическими условиями среды (V балл), а с применением модифицированного коэффициента ФА характеризуются существенными отклонениями от нормы (IV балл). Оценка состояния среды с применением модифицированного коэффициента ФА более соответствует реальным параметрам растений, полученным в результате визуальной оценки.

Рассматривая новый подход в целом, считаем его достаточно эффективным инструментом в изучении отклонений развития растений. Разработанная модификация методики может быть использована как инструмент морфологического анализа, наряду с другими методами оценки флуктуирующей асимметрии. В виду теоретической и практической значимости необходимо опробовать предлагаемую модификацию методики за границами средней тайги.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гуртяк А.А., Углев В.В. Исследование флуктуирующей асимметрии и её пригодность для мониторинга зелёных насаждений // Наука и современность – 2010: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Часть 1 / под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск, 2010. – С. 38-43.
2. Гуртяк А.А., Углев В.В. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора. – Известия Томского политехнического университета. Науки о Земле. – 2010. – Т. 317 (№ 1). – С. 200–204.
3. Захаров В.М. Здоровье среды: методика оценки [Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методологическое руководство для заповедников] / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др.. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
4. Захаров В.М. Здоровье среды: практика оценки / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев С.Г. и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 318 с.
5. Информационный бюллетень «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2010 году». – Ханты-Мансийск: ЗАО «Сибирский издательский дом», 2011. – 119 с.
6. Константинов Е.Л. Особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой как вида биоиндикатора: автореф. дис… канд. биол. наук. – Калуга, 2001. - 21 с.

УДК 551.46

Диденкулова И.И.[1,2], Пелиновский Д.Е.[1,3], Тюгин Д.Ю.[1], Гиниятуллин А.Р.[1], Пелиновский Е.Н.[1,4]

[1]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
[2]Институт кибернетики, Таллиннский технологический университет (Эстония)
[3]Университет Мак Мастера (г. Гамильтон, Канада)
[4]Институт прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород)

БЕГУЩИЕ ДЛИННЫЕ ВОЛНЫ В ВОДНЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КАНАЛАХ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

I. Didenkulova[1,2], D. Pelinovsky[1,3], D. Tyugin[1], A. Giniyatullin[1], E. Pelinovsky[1,4]

[1]R.E. Alekseev Nizhnii Novgorod State Technical University, Russia
[2]Institute of Cybernetics, Tallinn University of Technology, Estonia
[3]McMaster University, Hamilton, Canada
[4]Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod

TRAVELLING LONG WAVES IN WATER RECTANGULAR CHANNELS OF VARIABLE CROSS SECTION

Аннотация. В рамках уравнений мелкой воды получено точное решение в виде бегущих длинных волн в водных каналах прямоугольной формы, глубина и ширина которых меняются в пространстве. Выведено дифференциальное уравнение, связывающее глубину и ширину канала для безотражательного распространения волны. Показано, что число конфигураций, допускающих существование бегущих волн, неограниченно, так что эффект сверхдальнего распространения волн является типичным. Рассмотренный эффект может оказаться важным для интерпретации случаев сильного проникновения волн цунами в глубь побережья.

Ключевые слова: бегущие длинные волны, уравнение мелкой воды, прямоугольные каналы.

Abstract. A rigorous travelling wave solution in water channels of rectangular cross section with variable depth and width is obtained in the framework of shallow water theory. The differential equation connecting depth and width of the channel for the case of non-reflecting wave propagation is derived. It is shown that the number of geometries and configurations, which allow non-reflecting wave propagation, is unlimited. Thus, the effect of very long-distance wave propagation is rather common and can play an important role in the interpretation of the observed extreme inundations caused by tsunami.

Key words: travelling long waves, shallow water theory, rectangular channels.

Решения волновых уравнений типа u(x – ct) описывают бегущие волны, не меняющиеся с расстоянием. Здесь x – одна из координат (на плоскости, цилиндре или сфере), t – время и c – скорость распространения. Анализ таких решений является объектом математической физики и волновой теории, в том числе и нелинейной [13; 14; 15; 16; 17; 18]. Если среда является неоднородной или нестационарной в направлении распространения волны, то не удается обычно найти строгие решения волновых уравнений в виде бегущих волн. В тоже время, если среда меняется достаточно медленно во времени или плавно в пространстве, то бегущие волны с переменной амплитудой находятся приближенно с использованием методов типа геометрической оптики или акустики [1; 3]. Существует, однако, конечное число примеров, допускающих существование бегущих волн и в неоднородных средах со специальными законами изменения характеристик среды в пространстве. Такие примеры известны для поверх-

© Диденкулова И.И., Пелиновский Д.Е., Тюгин Д.Ю., Гиниятуллин А.Р., Пелиновский Е.Н., 2012.

ностных волн на воде [9; 10; 11; 2], внутренних волн в океане [6; 7], акустических волн в атмосфере Земли и Солнца [4; 5]. Для их нахождения используются различные методы, в том числе алгебра Ли и трансформационные методы [8; 12]. В настоящей работе подобный класс бегущих волн находится для водных относительно узких каналов переменного сечения, когда его глубина и сечение меняются произвольным образом вдоль оси канала.

Математическая модель

Рассмотрим узкий (ширина канала меньше длины волны) канал прямоугольной формы, глубина и ширина которого меняются вдоль оси x. Геометрия канала приведена ниже (см. рис). Динамика длинных (длина волны больше глубины) волн в таких каналах описывается нелинейными уравнениями теории мелкой воды:

$$\frac{\partial S}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(uS)=0, \qquad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+g\frac{\partial \eta}{\partial x}=0, \qquad (2)$$

где $u(x,t)$ – усредненная по поперечному сечению скорость течения, $\eta(x,t)$ – колебания водной поверхности вдоль оси x, $S(H)$ – переменное поперечное сечение канала и g – ускорение свободного падения. Ось канала предполагается не искривленной.

Площадь поперечного сечения прямоугольного канала естественно представима в виде:

$$S=H(x,t)B(x), \qquad (3)$$

где: $H(x,t)=\eta(x,t)+h(x)$ и $h(x)$ соответственно полная и невозмущенная глубина канала вдоль главной оси x, а $B(x)$ – переменная ширина канала.

Рассматривая волны малой амплитуды (амплитуда меньше глубины канала), уравнения (1) и (2) можно линеаризовать:

$$B\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(uBh)=0, \quad \frac{\partial u}{\partial t}+g\frac{\partial \eta}{\partial x}=0. \qquad (4)$$

Уравнения (4) сводятся к волновому уравнению второго порядка для смещения водной поверхности с коэффициентами, зависящими от пространственных характеристик канала:

$$B\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}-g\frac{\partial}{\partial x}\left(Bh\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)=0, \qquad (5)$$

или

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}-g\left(\frac{dh}{dx}+\frac{h}{B}\frac{dB}{dx}\right)\frac{\partial \eta}{\partial x}-gh\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2}=0. \qquad (6)$$

Для нахождения решений уравнения (6) в виде бегущей волны будем использовать

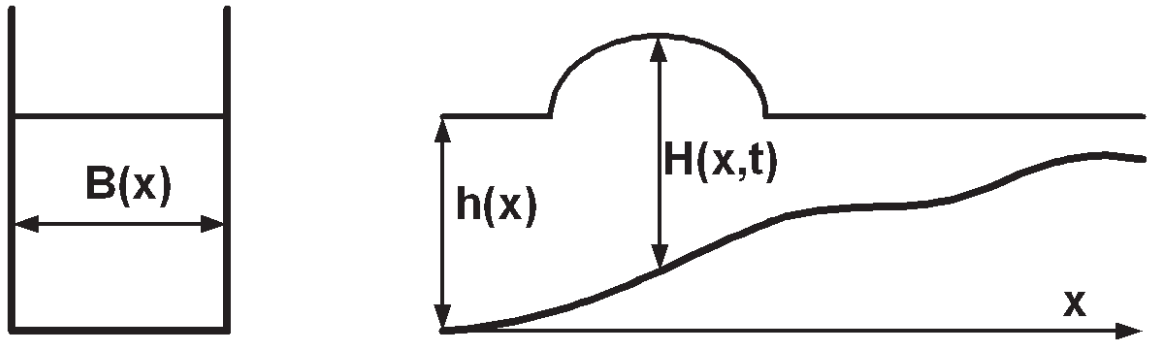


Рис. Геометрия канала

технику сведения волнового уравнения с переменными коэффициентами к волновому уравнению с постоянными коэффициентами [12]. Для этого проведем следующую замену в уравнении (6)

$$\eta(x,t) = A(x)\Phi[t,\tau(x)], \tag{7}$$

где: A(x), Φ(t,τ) и τ(x) – три неизвестные функции, подлежащие определению. Тогда уравнение (6) трансформируется в

$$A\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} - g\left(\frac{dh}{dx} + \frac{h}{B}\frac{dB}{dx}\right)\left(\Phi\frac{dA}{dx} + A\frac{\partial\Phi}{\partial\tau}\frac{d\tau}{dx}\right) -$$
$$- gh\left(\Phi\frac{d^2A}{dx^2} + 2\frac{dA}{dx}\frac{\partial\Phi}{\partial\tau}\frac{d\tau}{dx} + A\frac{\partial\Phi}{\partial\tau}\frac{d^2\tau}{dx^2} + A\frac{\partial^2\Phi}{\partial\tau^2}\left(\frac{d\tau}{dx}\right)^2\right) = 0 \tag{8}$$

Уравнение (8) может быть сведено к волновому уравнению с постоянными коэффициентами в новых переменных:

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} - \frac{\partial^2\Phi}{\partial\tau^2} = 0, \tag{9}$$

если будут выполняться следующие условия:

$$\frac{d^2A}{dx^2} + \frac{1}{hB}\frac{d(hB)}{dx}\frac{dA}{dx} = 0 \tag{10}$$

$$2hB\frac{d\tau}{dx}\frac{dA}{dx} + \frac{d}{dx}\left(hB\frac{d\tau}{dx}\right)A = 0 \tag{11}$$

$$gh\left(\frac{d\tau}{dx}\right)^2 = 1 \tag{12}$$

Из (12) ясен смысл величины τ – это время распространения волны, которое естественно не зависит от ширины канала:

$$\tau(x) = \int\frac{dx}{\sqrt{gh}} \tag{13}$$

Уравнение (11) интегрируется и дает закон сохранения потока волновой энергии:

$$Ah^{1/4}B^{1/2} = const. \tag{14}$$

Уравнение (11) представляет собой известный закон Грина для волн в жидкости с плавным изменением глубины и ширины канала, однако в нашем случае он выполняется и для волн в канале с произвольными (но непрерывными) изменениями параметров канала.

После однократного интегрирования уравнения (10) получаем:

$$hB\frac{dA}{dx} = const, \tag{15}$$

где, естественно, константа другая, чем в (14). Наконец, подставляя (14) в (15), получаем дифференциальное уравнение, связывающее глубину и ширину канала:

$$hB\frac{d\left(h^{-1/4}B^{-1/2}\right)}{dx} = const. \tag{16}$$

Итак, если глубина и ширина канала меняются в пространстве в соответствии с (16), то функция Φ является решением волнового уравнения с постоянными коэффициентами (9), и, следовательно, его решениями являются бегущие волны типа Φ(τ-t). Тогда и решения вида (7) естественно называть бегущими волнами с переменной амплитудой. Условия существования таких бегущих волн и обсуждаются ниже.

Формы безотражательных водных каналов

Уравнение (16) описывает формы каналов, в которых могут распространяться бегущие волны, которые не отражаются в неоднородной среде. Такие каналы мы будем называть безотражательными. Рассмотрим сначала некоторые частные случаи. Если ширина канала постоянна (B = const), то, помимо тривиального случая, когда волна распространяется в бассейне с постоянной шириной и глубиной, бегущая волна возможна еще и в бассейне, глубина которого меняется по следующему закону:

$$h \sim x^{4/3}, \qquad (17)$$

что соответствует одномерному случаю безотражательного пляжа, подробно рассмотренному в работе [10; 2]. Решение в виде бегущей волны, распространяющейся к берегу, описывается следующим выражением, вытекающим из (7):

$$\eta(x,t) = A_0\left(\frac{x_0}{x}\right)^{1/3}\Phi\left[t-\tau_0\left(1-\left(\frac{x}{x_0}\right)^{1/3}\right)\right], \qquad (18)$$

где: A_0 – начальная амплитуда волны на расстоянии x_0 от берега, τ_0 – время движения волны от начальной точки до берега (мы не приводим здесь выражения для него, легко находимого из (13)). Важно подчеркнуть, что форма бегущей волны может быть произвольной, в том числе и разрывной.

Другим важным частным случаем является канал переменного сечения и постоянной глубины. В этом случае решение уравнения (16) дает:

$$B \sim x^2. \qquad (19)$$

Бегущая волна в таком канале описывается выражением

$$\eta(x,t) = A_0\left(\frac{x_0}{x}\right)\Phi\left[t-\tau_0\left(1-\left(\frac{x}{x_0}\right)\right)\right]. \qquad (20)$$

Амплитуда волны меняется в канале, в то время как ее скорость остается постоянной.

И наконец, третьим частным решением уравнения (16) является:

$$B \sim h^{-1/2}, \qquad (21)$$

при этом глубина в пространстве может описываться произвольной непрерывной функцией. Бегущая к берегу волна в этом случае описывается формулой:

$$\eta(x,t) = A_0\Phi\left[t-\int\frac{dx}{\sqrt{gh(x)}}\right]. \qquad (22)$$

Волна не меняет свою амплитуду, несмотря на переменность глубины канала. Эффект неоднородности среды проявляется только в переменности скорости распространения волны.

В данной работе в рамках линейной теории мелкой воды показано существование бегущих волн, распространяющихся без отражения в прямоугольном канале переменного сечения. Форма бегущей волны остается неизменной в процессе распространения, хотя ее амплитуда и фаза, вообще говоря, меняются в пространстве. Как показало наше исследование, число конфигураций канала, допускающих существование бегущих волн, неограниченно (это, естественно, не означает, что все они реализуются в природных условиях), и, следовательно, эффект безотражательного распространения волны должен быть достаточно распространенным. Именно этим, на наш взгляд, объясняется сильное проникновение волн цунами в долинах рек на большие расстояния от берега [6; 10].

Представленные результаты получены в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. ЕНП выражает благодарность грантам РФФИ (11-05-00216 и 11-05-97006) и ИИД – грантам МК1440.2012.5, SF0140007s11 и ETF8870.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. – М.: Наука, 1973. – 343 с.
2. Диденкулова И.И., Заибо Н., Пелиновский Е.Н. Отражение длинных волн от «безотражательного» донного профиля // Известия РАН. Сер. Механика жидкости и газа. – 2008. – № 4. – С. 101-107.
3. Маслов В.П. Асимптотические методы решения псевдо-дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1987. – 406 с.
4. Петрухин Н.С., Пелиновский Е.Н., Бацына Е.К. Безотражательные волны в атмосфере Земли // Письма в ЖЭТФ. – 2011. – Т. 93 (№ 10). – С. 625-628.

5. Петрухин Н.С., Пелиновский Е.Н., Бацына Е.К. Безотражательное распространение акустических волн в атмосфере Солнца // Письма в Астрономический журнал. – 2012. – Т. 38 (№ 6). – С. 439-445.
6. Талипова Т.Г., Пелиновский Е.Н., Петрухин Н.С. О проникновении длинной внутренней волны в толщу океана // Океанология. – 2009. – Т. 49 (№ 5). – С. 673-680.
7. Талипова Т.Г., Пелиновский Е.Н. Трансформация внутренних волн над неровным дном: аналитические результаты // Океанология. – 2011. – Т. 51 (№ 4). – С. 621-626.
8. Bluman G., Kumei S. On invariance properties of the wave equation // J. Math. Phys. – 1987. – V. 28. – P. 307-318.
9. Clements D.L., Rogers C. Analytic solution of the linearized shallow-water wave equations for certain continuous depth variations // J. Australian Math. Soc. – 1975. – V. 19. – P. 81-94.
10. Didenkulova I., Pelinovsky E., Soomere T. Long surface wave dynamics along a convex bottom // J. Geophysical Research: Oceans. – 2009. – V. 114, C07006 (doi:10.1029/2008JC005027). – 14 p.
11. Didenkulova I., Pelinovsky E. Traveling water waves along quartic bottom profile // Proc. Estonian Acad. Sciences. – 2010. – V. 59 (№ 2). – P. 166-171.
12. Grimshaw R., Pelinovsky D., Pelinovsky E. Homogenization of the variable-speed wave equation // Wave Motion. – 2010. – V. 47 (№ 12). – P. 496-507.
13. Groves M. D. and Haragus M. A bifurcation theory for three-dimensional oblique traveling gravity-capillary water waves. J. Nonl. Sci., 2003, 13, 397-447.
14. Iooss G., Kirchgassner K. Traveling waves in a chain of coupled nonlinear oscillators // Comm. Math. Phys. – 2000. – V. 211. – P. 439-464.
15. Iooss G. Traveling waves in the Fermi-Pasta-Ulam lattice // Nonlinearity. – 2000. – V. 13. – P. 849–866.
16. Lenells J. Traveling wave solutions of the Camassa-Holm and Korteweg-de Vries equations // J. Nonl. Math. Phys. – 2004. – V. 11 (№ 4). – P. 508–520.
17. Mallet-Paret J. The global structure of traveling waves in spatially discrete dynamical systems // J. Dyn. Diff. Eqs. – 1999. – V. 11. – P. 49-127.
18. Pelinovsky D., Rothos V. M. Bifurcations of traveling wave solutions in the discrete NLS equations // Physica D (Nonlinear Phenomena). – 2005. – V. 202. – P. 16-36.

УДК 504.064

Лебедев В.В.
Региональная горнорудная компания (г. Москва)

РАДИАЦИОННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЗОЛОТОСЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КЛЕН»

V. Lebedev
Limited Liability Company 'Regional Mining Company', Moscow

RADIATION CONTAMINATION OF THE KLYON GOLD – SILVER DEPOSIT

Аннотация. В рамках инженерно-экологических изысканий для обустройства золотосеребряного месторождения «Клен» (Билибинский район Чукотского автономного округа) исследовано радиационное загрязнение его территории. Установлено, что уровень радиоактивности отобранных образцов почвы и грунта удовлетворяет нормам радиационной безопасности. Результаты лабораторного анализа пробы воды из ручья Алиса показывают, что удельная суммарная альфа- и бета-радиоактивность значительно ниже соответствующих предельных величин. Полевые измерения мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения показали, что гамма-фон территории не превышает предельно допустимого уровня. На отсутствие радоноопасности территории указывает ряд косвенных признаков. Результаты исследования позволяют заключить, что уровень радиационного загрязнения территории промплощадки месторождения «Клен» незначителен.

Ключевые слова: месторождение, радиационное загрязнение, радиационная безопасность, гамма-фон, почва, грунт, вода, инженерно-экологические изыскания.

Abstract. As a part of engineering and environmental survey for the development of the Klyon gold–silver deposit (Bilibinsky district of Chukotka Autonomous Okrug), radiation contamination of its territory is investigated. It is established that the level of radioactivity of the ground and soil samples satisfies the radiation safety standards. The results of laboratory analysis of water samples from the Alice brook show that the specific total alpha and beta radioactivity is significantly lower than the corresponding limits. Field measurements of equivalent doses of external gamma radiation have shown that the gamma-background of the territory is within the allowable limit. The absence of the radon danger is shown by indirect features. The results of the study allow one to conclude that the level of the radiation contamination of the industrial site of the Klyon deposit is negligible.

Key words: deposit, radiation contamination, radiation safety, gamma background, ground, soil, water, engineering and environmental survey.

При производстве инженерно-экологических изысканий требованиями и рекомендациями [3; 4] предписывается исследование радиационного загрязнения территорий намечаемого строительства. Особое внимание при этом уделяется изучению радиационного режима зон жилой застройки и производственных зон. Основные радиационные исследования подразумевают: полевой отбор проб почвы, грунта и воды из планируемого источника хозяйственно-питьевого водоснабжения для их последующего лабораторного анализа; полевые измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД) внешнего гамма-излучения; измерения плотности потока радона с земной поверхности. В связи с планируемым обустройством золотосеребряного месторождения «Клен», расположенного в бассейне р. Большой Анюй (территория Чукотского АО), подобные работы проводились в 2012 г. в рамках инженерно-экологических изысканий.

© Лебедев В.В., 2012.

Полевые и лабораторные исследования

В процессе полевых исследований в летний период 2012 г. выполнялись следующие работы: рекогносцировочное обследование территории как самой промплощадки месторождения, так и территории непосредственно прилегающей к ней; отбор проб почвы, грунта, поверхностных вод; измерения МЭД внешнего гамма-излучения. При выполнении полевых исследований было отобрано 6 смешанных проб почвы и грунта и одна проба воды из ручья Алиса в месте проектируемого водозабора для их последующего анализа на активность техногенного Cs^{137} и естественных радионуклидов (ЕРН): K^{40}, Ra^{226}, Th^{232}. Лабораторное радиологическое исследование проб проводилось московским ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» (результаты исследования – см. табл. 1). Удельная эффективная активность ЕРН определялась согласно ГОСТ 30108 [1]. Результаты лабораторного исследования удельной суммарной альфа- и бета-радиоактивности пробы воды из ручья Алиса приведены в табл. 2. В рамках полевых исследований на 2 площадках (обогатительной фабрики, вахтового поселка) и в отдельных точках за пределами этих площадок проводилась гамма съемка. По результатам измерений в 104 точках было установлено, что МЭД внешнего гамма-излучения не превышает предельно допустимого уровня 0.3 мкЗв/час.

Результаты и обсуждение

В качестве критерия для принятия решения об использовании строительных материалов, в том числе почв и грунтов, государственный стандарт [1] устанавливает пороговую величину удельной эффективной активности ЕРН, составляющую 370 Бк/кг. При значениях удельной эффективной активности ЕРН, не превышающих этой пороговой величины, почвы и грунты можно ис-

Таблица 1

Результаты лабораторного радиологического исследования удельной активности Cs^{137} и ЕРН смешанных проб почвы и грунта, отобранных с территории месторождения «Клен», Бк/кг

Показатели	Номера проб					
	1	2	3	4	5	6
Cs^{137}	< 9	< 7	< 8	< 8	< 8	< 6
K^{40}	440±70	450±70	540±80	460±80	350±60	350±60
Ra^{226}	22±7	24±7	22±8	20±8	19±7	17±5
Th^{232}	43±6	33±5	33±6	34±6	34±5	27±4
Удельная эффективная активность ЕРН	116±12	107±11	113±13	107±13	94±11	83±9

Таблица 2

Результаты лабораторного исследования удельной суммарной альфа- и бета-радиоактивности пробы воды из ручья Алиса, Бк/кг

Показатели	Результаты	Величина допустимого уровня
Удельная суммарная альфа-радиоактивность	< 0.03	0.2
Удельная суммарная бета-радиоактивность	< 0.03	1.0

пользовать при любых видах строительных работ. Таким образом, уровень радиоактивности отобранных образцов почвы и грунта удовлетворяет установленным нормам радиационной безопасности для строительных материалов. Из данных табл. 2 следует, что удельная суммарная альфа- и бета-радиоактивность значительно ниже соответствующих величин допустимого уровня, регламентированных [2] для питьевой воды. Как уже отмечалось выше, по результатам полевых измерений, МЭД внешнего гамма-излучения не превышает предельно допустимого уровня. Результаты радиологического исследования удельной активности Cs^{137} и ЕРН смешанных проб почвы и грунта, а также исследования удельной суммарной альфа- и бета-радиоактивности пробы воды из ручья Алиса, в совокупности с результатами гамма-съемки позволяют заключить, что уровень радиационного загрязнения территории промплощадки месторождения «Клен» незначителен.

Рекомендациями [4] для проектирования жилых и производственных зданий программой инженерно-экологических изысканий предусматривается измерение плотности потока радона с поверхности земли для оценки степени радоноопасности территорий планируемых застроек. Однако непосредственные измерения плотности потока радона в полевых условиях месторождения «Клен» не представляются возможными. Дело в том, что сорбционные колонки накопительных камер, используемых при измерениях, после их экспозиции на исследуемой площадке необходимо в течение суток доставить в специализированный центр Роспотребнадзора, располагающий соответствующим оборудованием для измерения активности радона. В противном случае изотопы радона распадутся до неприемлемого уровня. По организационным причинам, связанным с отдаленностью территории месторождения «Клен», оперативная доставка сорбционных колонок в ближайший центр Роспотребнадзора оказалась невозможной.

Тем не менее имеются все косвенные основания считать участки застройки нерадоноопасными, поскольку для исследуемой территории характерно: отсутствие разрывных нарушений, сейсмической активности, выхода радоновых источников на поверхность земли; наличие слоя многолетней мерзлоты мощностью до 400 м; непревышение гамма-фона территории застройки предельно допустимого уровня; незначительная удельная активность Ra^{226}, при распаде которого выделяется Rn^{222}. В любом случае для защиты персонала месторождения от негативного воздействия радона проектом предусматривается принудительная вентиляция жилых и производственных помещений.

В рамках инженерно-экологических изысканий для обустройства месторождения «Клен» исследовано радиационное загрязнение его территории. В процессе полевых работ выполнен отбор проб почвы, грунта, поверхностных вод и измерения МЭД внешнего гамма-излучения. Лабораторное радиологическое исследование проб проведено ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» (г. Москва). При этом:

1. Установлено, что уровень радиоактивности отобранных образцов почвы и грунта удовлетворяет нормам радиационной безопасности для строительных материалов. Результаты лабораторного анализа пробы воды из ручья Алиса показывают, что удельная суммарная альфа- и бета-радиоактивность значительно ниже соответствующих величин допустимого уровня, регламентированных санитарными нормами для питьевой воды;

2. Полевые измерения МЭД внешнего гамма-излучения показали, что гамма-фон территории не превышает предельно допустимого уровня 0.3 мкЗв/час;

3. На отсутствие радоноопасности территории указывают такие косвенные признаки, как отсутствие разрывных нарушений, сейсмической активности, выхода радоновых источников на поверхность земли, наличие слоя многолетней мерзлоты мощностью до 400 м, незначительный уровень гамма-фона территории застройки и удельной активности Ra^{226}.

Результаты исследования позволяют заключить, что уровень радиационного загряз-

нения территории промплощадки месторождения «Клен» незначителен.

ИСТОЧНИКИ:

1. ГОСТ 30108. Межгосударственный стандарт. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. – М.: Госстрой России, 1995. – 7 с.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Минздрав РФ, 2001. – 67 с.
3. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М.: Минстрой России, 1997. – 44 с.
4. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – М.: ПНИИИС, 1997. – 41 с.

УДК 574:55

Розанов Л.Л.
Московский государственный областной университет

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА ДИНАМИЧЕСКОЙ ГЕОЭКОЛОГИИ

L. Rozanov
Moscow State Regional University

CONCEPTUAL BASIS OF DYNAMIC GEOECOLOGY

Аннотация. Обсуждается общая концепция динамической геоэкологии. Объектом ее исследования является окружающая среда – взаимодействующая совокупность природных и техногенных веществ, тел, условий, факторов, оказывающих прямое или опосредованное влияние на людей, животных и растения. В качестве предмета исследования динамической геоэкологии рассматриваются геоэкологические процессы в окружающей среде. Под геоэкологическими процессами понимаются прямые или опосредованные воздействия изменяющихся компонентов окружающей среды на здоровье и жизнедеятельность людей, а также на растительные и животные организмы. Динамическая геоэкология – новое научное направление геоэкологии, изучающее геоэкологические процессы в окружающей среде, воздействующие на человека и организмы биосферы.

Ключевые слова: динамическая геоэкология, окружающая среда, геоэкологические процессы, воздушная среда, водная среда, биопочвенная среда, геотехноморфологическая среда, геологическая среда, геофизическая среда, геохимическая среда.

Abstract. The general concept of dynamic geoecology is discussed. The object of the research is the environment – an interacting set of natural and technogenic substances, bodies, conditions, factors directly and indirectly influencing people, animals and plants. Geoecological processes in the environment are considered as an object of research of dynamic geoecology. By geoecological processes are meant direct or indirect effects of changing components of the environment on health and activity of people, and also on vegetative and animal organisms. Dynamic geoecology is a new scientific direction of geoecology studying geoecological processes in the environment, influencing people and biosphere organisms.

Key words: dynamic geoecology, environment, geoecological processes, air environment, aquatic environment, biosoil environment, geotechnomorphological environment, geological environment, geophysical environment, geochemical environment.

Термин «геоэкология» появился не в 1939 г., как утверждается [3; 11; 12], а гораздо позже, о чем свидетельствует следующее высказывание немецкого географа Карла Тролля в академической публикации: «Для того чтобы улучшить взаимопонимание ученых из разных стран, я недавно предложил термин «геоэкология», и этот термин уже принят и нашел применение в двух международных организациях: на Симпозиуме ЮНЕСКО в Мехико в 1966 г. (Troll,1968а) и в Комиссии МГС по высокогорной геоэкологии (Troll,1968б)» [10, с. 118]. По его мнению, «географии необходимо более глубокое экологическое знание, а экология в свою очередь должна еще больше, чем прежде, основное внимание уделять региональной дифференциации и картированию жизненных ассоциаций» и поэтому «на основе совместных усилий этих двух наук будут развиваться комплексные исследования Земли и жизни на ней» [10, с. 120].

Введение геоэкологии в высшее профессиональное образование (1994) и в перечень специальностей (2001), по которым защищаются диссертации в Российской Федерации, свидетельствует о ее значимости для науки, практики, образования. В условиях продолжающегося поиска объекта и предмета изучения актуальным является то, как понимается содержание и

Розанов Л.Л., 2012.

структура современной геоэкологии как научной дисциплины. Существенное значение для уяснения объекта, предмета и задач геоэкологии имеет определение ее Высшей аттестационной комиссией (ВАК). Согласно формуле специальности (25.00.36), «геоэкология» – междисциплинарное научное направление, объединяющее исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов. Основной задачей геоэкологии является изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды. Из приведенного следует, что геоэкология изучает среду обитания человека и организмов биосферы и это методологически принципиально.

Под геоэкологией понимается междисциплинарная наука о современном и будущем состоянии окружающей среды [6; 7]. Междисциплинарность геоэкологии предусматривает интеграцию научных знаний о разнообразной человеческой деятельности в окружающей среде как структурированной реальности. Содержательно геоэкология рассматривает человека не только в качестве источника загрязнения природы, но и жертвы им же самим изменяемой окружающей среды в результате производственной и военной деятельности. Человечеству угрожает не исчерпание доступных ресурсов, а опережающее ухудшение качества окружающей среды вследствие функционирования техносферы, не являющейся ни частью, ни ступенью развития биологической природы. Техногенный мир принципиально чужд биологическому миру. Действие техники, удовлетворяющей, прежде всего, материальные потребности человечества, относительно противостоит природе, дестабилизирует окружающую среду [8].

В нашей стране конституционное понятие «окружающая среда» толкуется как «совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов» (федеральный закон «Об охране окружающей среды»). В свете такого определения необходимо подчеркнуть, что окружающая среда не находится в статическом равновесии, поэтому изучение ее динамики представляется важным в теоретико-практическом отношении. Концептуальное обобщение взглядов на геоэкологию как научную дисциплину [1; 2; 4; 9; 11] привело к выводу, что она изучает структуру, свойства, функционирование, динамику, эволюцию реальной окружающей среды на локальном, региональном, глобальном уровнях с целью выявления пространственно-временных отношений и взаимосвязей человека и его деятельности с окружающей действительностью.

Произошедшие важнейшие сдвиги и проявляющиеся тенденции в развитии мирового сообщества и его взаимодействия с окружающей средой свидетельствуют, что на рубеже XXI в. самой острейшей, интегрирующей в себе все остальные, стала проблема выживания человечества на Земле. Поэтому исследование геодинамики окружающей среды представляется чрезвычайно актуальным. Понимание содержания проблемных ситуаций во взаимоотношениях человека со средой обитания зависит от полноты знаний о геоэкологических процессах, возникающих в компонентах (слагаемых) окружающей среды в пространственно-временной конкретности. В условиях техногенной цивилизации, для которой характерны непредвиденные и опасные последствия производственной и иной деятельности человека, актуальными задачами стали оценка, прогноз изменения и регулирование окружающей среды с целью сохранения ее приемлемого состояния для нынешнего и будущего поколений людей. При их решении содержательная определенность динамической геоэкологии приобретает особое научно-практическое значение. Новизна проведенного исследования заключается в разработке научных представлений о динамической геоэкологии – междисци-

плинарном направлении современной геоэкологии.

Объектно-предметная сущность динамической геоэкологии. В качестве *объекта исследования динамической геоэкологии* рассматривается окружающая среда – взаимодействующая совокупность природных и техногенных веществ, тел, условий, факторов, оказывающих прямое или опосредованное влияние на людей, животных и растения. На современном уровне знаний *предметом исследования динамической геоэкологии* следует считать геоэкологические процессы в окружающей среде. Под *геоэкологическими процессами* понимаются прямые или опосредованные воздействия изменяющихся компонентов окружающей среды на здоровье и жизнедеятельность человека, а также на растительные и животные организмы. Основополагающим в познании геоэкологических процессов является процессно-функциональный подход, позволяющий исследовать структуру, свойства, динамику реальной окружающей среды на различных иерархических уровнях с целью выявления ее воздействий на человека и организмы биосферы. При этом методологически существенно соблюдать принцип соразмерности масштабов внутренних и внешних взаимосвязей в геоэкологическом пространстве как взаимодействующей совокупности естественных (природных) и искусственных (техногенных) веществ, тел, факторов, составляющих сферу жизнедеятельности человека, среду животных и растений.

Исходя из представлений об объекте, цели, предмете, методе исследований, динамическая геоэкология – это научное направление геоэкологии, изучающее современные геоэкологические процессы в окружающей среде, воздействующие на человека, растительные и животные организмы. Необходимость изучения геоэкологических процессов актуализируется нарастающей дестабилизацией окружающей среды как реального планетарного явления. Геоэкологические процессы в окружающей среде происходят, как правило, в виде взаимосвязанных явлений (цепных реакций). Естественное и техногенное загрязнения окружающей среды, возникающие в результате привнесения или возникновения тех или иных веществ, тел, источников энергии, биологических организмов, неблагоприятно воздействуют на здоровье человека, состояние биоты. Производственная деятельность человечества прямо и опосредованно изменяет естественные ресурсо- и средовоспроизводящие процессы, нарушает механизмы возобновимости и обратимости природных условий выше и ниже поверхности литосферы. Под загрязнением окружающей среды понимается возникновение в результате производственной деятельности человека обычно не характерных для нее физических, химических и иных процессов, организмов, техногенных веществ, что приводит к нежелательным последствиям для людей, растений, животных. Привнесения, возникновения тех или иных веществ, тел, источников энергии, биологических организмов, неблагоприятно воздействующих на здоровье человека, состояние природных ресурсов, материальные объекты весьма разнообразны [6]. Различают естественное загрязнение вследствие природных процессов и техногенное загрязнение, возникшее в результате деятельности человека.

Многообразное влияние производства на окружающую среду обусловило необходимость покомпонентного ее изучения, привязанного к определенному масштабу пространства-времени. В нашей стране принята компонентная структура показателей статистики окружающей среды. Покомпонентный подход к познанию окружающей среды объективно отражает сложившуюся дифференциацию наук о Земле, а также современную практику подготовки специалистов разного профиля. Географически и геологофизикохимически окружающая среда структурно состоит из воздушной, водной, биопочвенной, геотехноморфологической, геологической, геофизической, геохимической сред.

Геоэкологические процессы в компонентах (структурных слагаемых) окружающей среды. *Воздушная среда* представляет

собой приземный и подземный воздух, содержащий естественные газы, природные и техногенные образования, который, испытывая воздействие экзогенных, эндогенных и техногенных сил, окружает человека и влияет на его самочувствие, хозяйственную деятельность, а также на все остальное живое и неживое на Земле. Геоэкологические процессы, происходящие в воздушной среде, напрямую воздействуют на человека. Так, смог может вызывать у людей катар верхних дыхательных путей, бронхит, удушье, раздражение слизистых оболочек глаз, носа и горла, а также обострение хронических болезней органов дыхания. В качестве основных загрязнителей воздушной среды в России рассматриваются твердые частицы дыма и промышленная пыль, сернистый ангидрид (SO_2), оксиды азота (NO_x), оксид углерода (CO), летучие углеводороды. Постоянное воздействие небольших доз канцерогенов в течение длительного времени способствует возникновению раковых болезней у людей. Так, среди сельских жителей, проживающих вблизи автомобильных дорог с интенсивным движением автотранспорта, отмечается более высокая смертность от рака легкого, чем у жителей тех же районов, но вдали от автодорог. Неблагоприятно сказывается воздействие экстремальных температур воздуха на пожилых людях, детях, а также больных с повышенным кровяным давлением, с хроническими заболеваниями и болезнями сердца. Тепловые удары и метеотропные реакции у людей аномально возрастают в регионах, где высокая температура воздуха регистрируется нерегулярно. Жара и ее продолжительность становятся опасной не только для уязвимых групп населения, но и для служащих многочисленных учреждений, расположенных в центрах городов. Установлено, что в годы с необычно высокой температурой воздуха смертность возрастает.

Водная среда включает воды суши (реки, озера, водохранилища, каналы, пруды, болота), морские и океанские воды, ледники, подземные воды, содержащие природно-техногенные и техногенные образования, которые, испытывая воздействие экзогенных, эндогенных и техногенных сил, влияют на здоровье человека, его хозяйственную деятельность и на все остальное живое и неживое на Земле. Вследствие общего геоэкологического неблагополучия на планете и чрезмерного водопотребления существует угроза процессам воспроизводства пресной воды, исходящая от человека. Около 1/3 всей массы загрязняющих веществ вносится в водоемы с поверхностным и ливневым стоком с санитарно неблагоустроенных территорий населенных пунктов, сельскохозяйственных объектов и угодий. Загрязнение влияет на сезонное, в период весеннего половодья, ухудшение качества питьевой воды, ежегодно отмечаемое в крупных городах. В связи с этим проводится гиперхлорирование питьевой воды, что, однако, небезопасно для здоровья населения вследствие образования хлорорганических соединений. Помимо снижения качества питьевой воды, последствиями наводнений являются разрушение жилищ, гибель людей и домашнего скота, посевов. Кормовые травы после выхода рек из берегов становятся непригодными в пищу скоту, поскольку поверхность листа покрывается илом. В населенных пунктах наводнения влияют на санитарно-гигиеническую обстановку, на возрастание смертности от болезней. Наиболее перспективно для сбалансированного развития человеческого общества устранение причин загрязнений водной среды вместо преобладающего ныне снижения их последствий. По данным Всемирной организации здравоохранения, в конце XX столетия около 2 млрд. человек страдало от нехватки питьевой воды.

Биопочвенная среда – это почва, растительность и животные, представляющие собой совокупность естественных и созданных людьми образований, которые, испытывая воздействие экзогенных и техногенных сил, влияют на человека и его хозяйственную деятельность, а также на природные тела и явления. Биологические явления в почве, биогенная миграция в ней химических элементов послужили основанием для объединения почв с наземными растительными и

животными организмами в общую систему – единую биопочвенную среду. Постоянно или временно обитающие в почве болезнетворные микроорганизмы, являясь возбудителями инфекционных болезней, могут оказывать прямое негативное влияние на здоровье людей. Велико значение микроэлементов, поступающих в организм человека с пищей и водой по биологической схеме: почвы – растения – животные. Состояние и заболевания человеческого организма, связанные с заражением от животных (бруцеллез, туляремия и др.), подчеркивают единство биопочвенной среды. По исследованиям российских ученых, биотехнологическое использование цианобактерий (древнейших фототрофных организмов планеты) повышает скорости процессов оздоровления почв путем подавления фитопатогенов, фитотоксинов и детоксикации поллютантов и ксенобиотиков техногенного и агрогенного происхождения. Создание трансгенных организмов на основе модификации или разрушения определенных генов, а также за счет введения новых генов в геном организма, затрагивает генетическую основу существования всего живого с весьма рискованными последствиями. Вопросы безопасности генно-модифицированных организмов в полной мере относятся к человеку и природному разнообразию. Вследствие отсутствия биологической адаптации к пище из генетически модифицированных организмов могут появиться новые заболевания, усилятся аллергии, изменятся кишечная микрофлора и реакции иммунной системы у людей.

Геотехноморфологическая среда – взаимодействующая совокупность естественных (природных) и техногеннообусловленных форм рельефа, а также рельефоидов (инженерные сооружения) и рельефидов (механические устройства, самоходные установки), испытывающих воздействия техногенных, эндогенных и экзогенных факторов и влияющих на человека и его хозяйственную деятельность. Территориальные сочетания естественных и искусственных морфолитообразований, окружающие человека, нередко оказывают нежелательное влияние на здоровье и хозяйственную деятельность. К наиболее значимым геоэкологическим признакам состояния геотехноморфологической среды относятся: ухудшение рельефоидами метеорологических условий проживания людей (особенно ветрового режима при низких зимних температурах, снегоотложения, пыле- и солепереноса); геотехноморфогенное загрязнение земной поверхности в результате образования отвалов, терриконов, золо- и хвостохранилищ, свалок, котлованов, траншей, воронок от взрывов и др.; уменьшение биопроизводительного потенциала земель в результате активизации и (или) возбуждения нежелательных рельефопреобразующих процессов – плоскостной и линейной эрозии, дефляции, суффозии, карста и т. д. Геотехноморфологическую составляющую окружающей среды методологически оправданно изучать на основе концепции геотехноморфогенеза [5].

Геологическая среда – приповерхностная часть литосферы, которая, испытывая воздействие эндогенных, экзогенных и техногенных сил, влияет на человека и его хозяйственную деятельность. Геоэкологическая специфика геологической среды выражается в ее влиянии на условия существования биоты, безопасность и комфортность проживания человека. К опасным и неблагоприятным процессам относятся землетрясения, обвалы, лавины, карстовые провалы, термокарст и некоторые другие. Землетрясения как быстродействующие геологические процессы застают людей врасплох, поэтому нередко приводят к большим жертвам. Геоэкологические последствия вулканизма весьма многогранны. Вулканический пепел – удобрение и источник питательных элементов для растений. Негативные геоэкологические последствия вулканизма – гибель при извержениях растительности, животных, людей, погребение вследствие пеплопадов хозяйственных построек, коммуникаций, разрушение лавовыми потоками населенных пунктов. В свете расширяющегося и углубляющегося освоения человеком морского дна актуализируются знания об аномальных газовыделениях

из субмаринных мерзлых толщ, содержащих метан и другие газы в форме газогидратов в песчаных линзах и прослоях. При вскрытии газогидраты быстро разлагаются на газ и воду, что сопровождается неожиданными выбросами газа. Разложение газогидратов при бурении на шельфе в арктической зоне может вызвать взрывы с катастрофическими последствиями, вплоть до человеческих жертв.

Геофизическая среда – совокупность гравитационных, магнитных, электрических, электромагнитных, сейсмических и термических полей, ионизирующего и радиоактивного излучения, которые, испытывая воздействие эндогенных, экзогенных, техногенных сил, влияют на человека и его хозяйственную деятельность. На все живое, в том числе и на человека, воздействует геомагнитное поле Земли. Возмущения геомагнитного поля – всепроникающего физического фактора окружающей среды оказывают влияние на организм человека и заболеваемость. В периоды геомагнитных бурь обостряются сердечно-сосудистые заболевания, ухудшается состояние людей, страдающих гипертонией. Электромагнитное поле, создаваемое ЛЭП, оказывает неблагоприятное действие на нервную систему, обменные процессы в организме человека. В окружающей среде источниками инфразвука могут быть землетрясения, извержения вулканов, ураганы. Инфразвуковые волны возникают при движении автотранспорта, электропоездов, при работе компрессоров, турбин, дизельных двигателей, вентиляторов и других машин и механизмов. Инфразвук вызывает резонанс в различных внутренних органах человека, болезненные ощущения в грудной клетке, иногда появляется ощущение растерянности, неясной тревоги, безотчетного страха, чувство слабости. Инфразвуки у людей порождают нервную усталость, ухудшают настроение, снижают интеллектуальную деятельность.

Геохимическая среда – совокупность химических элементов в грунтах, растениях, воде, воздухе, которые, испытывая воздействие экзогенных, эндогенных, техногенных сил, влияют на человека и его хозяйственную деятельность. Состояние геохимической среды в зависимости от содержания и подвижности (способности мигрировать и накапливаться) химических элементов в породах, почвах, водах определяет развитие растений, животных и человека, которые могут нормально функционировать или болеть. При этом как избыток элемента, так и его недостаток негативно влияют на функционирование живых организмов. Например, с дефицитом меди связана сердечная гипертрофия, недостаточность сосудистой системы, анемия и нарушение координации движений. Дефицит в организме человека хрома обусловливает помутнение роговицы глаз и диабет, железа – кариес. С избытком или недостатком свинца, цинка, кадмия, ртути, кобальта, мышьяка, селена в организме человека отмечается малокровие, воспаление суставов, раковые опухоли, невриты, болезни кожи, кишечника и легких, головные боли и иные болезни. Заболевание эндемический зоб у людей вызывается недостатком в питании йода. Причем такое заболевание может усиливаться при несбалансированности йода с кобальтом, марганцем, медью. Избыток фтора в воде провоцирует кариес зубов. Высокое содержание в воде токсичных веществ порождает некоторые формы злокачественных опухолей (рак пищевода, желудка, легких). Недостаточное содержание меди в почвах вызывает полегание и невызревание злаков, плодовых деревьев, а ее избыточное содержание – хлорозы растений. В настоящее время определены пороговые концентрации многих химических элементов (в почвах, водах, растениях, пищевых продуктах), при которых поступление их в организм обеспечивает нормальное состояние в нем регуляторных процессов. Химические элементы, необходимые организмам в ничтожных количествах, но определяющие успешность их развития или безболезненного существования, называются микроэлементами. Важнейшие среди них – бор, марганец, медь, молибден, железо, цинк, кобальт, йод, бром. В растения микроэлементы поступают из почвы, в организм животных и человека

– с пищей. Недостаток или избыток микроэлементов приводит к нарушению обмена веществ. Использование в хозяйственной деятельности веществ, обладающих токсикологическими эффектами, вызывает дисбаланс между геохимической средой и человеком, обусловливающий химический стресс людей.

Выводы. Окружающая среда для человека выступает обычно как природно-техногенное целое, состоящее из взаимосвязанных природных, техногенно-природных, техногенных объектов и явлений, воздействующих на жизнь, здоровье, хозяйственную деятельность и отдых людей. Обобщающее представление об окружающей среде как природно-техногенном целом методологически принципиально для уяснения и упорядочения пространственно-временной геоэкологической информации, в том числе о геоэкологических процессах, в «территориально-человеческом измерении».

В самом общем виде ухудшение качества окружающей среды определяет взаимодействующая триада – население, технологическое «давление», потребление. Именно в регулировании каждого из компонентов этой триады возможен путь к достижению равновесия между потреблением природных ресурсов, населением, производством и устойчивостью окружающей среды. При этом, планируя безопасное природопользование, важно установить геоэкологические пределы (ограничения) техногенного воздействия на окружающую среду в целом и ее слагаемые во времени и пространстве. Ведь человечество, находясь в биосфере, нарушает и разрушает в результате производственной и военной деятельности среду своего обитания. Подход к человеку как части биосферы методологически представляется неконструктивным. Человечество по сути не находится в органическом единстве ни с биоценозами, ни с биосферными процессами, поскольку выступает по отношению к ним в качестве внешнего фактора. Поэтому одна из важных задач динамической геоэкологии – познание научной сущности противоречий, возникающих между необходимостью сохранения приемлемого качества окружающей среды для жизнедеятельности человека и усиленным использованием ее природных ресурсов.

В развитие научных представлений о геоэкологии предложено новое понятие «динамическая геоэкология», отражающее междисциплинарное направление научных исследований, которое позволяет решать проблемы взаимоотношения человека с окружающей средой как структурированной реальностью. В качестве предмета исследования динамической геоэкологии рассматриваются геоэкологические процессы – прямые и опосредованные воздействия изменяющейся окружающей среды (взаимодействующей совокупности природных и техногенных веществ, тел, условий, факторов) на человека, растительные и животные организмы в пространственно-временной конкретности. Изучение геоэкологических процессов методологически оправданно в слагаемых (структурных частях) окружающей среды – воздушной, водной, биопочвенной, геотехноморфологической, геологической, геофизической, геохимической средах.

Изложенное о предметно-объектной сущности динамической геоэкологии служит теоретико-методологическим основанием учебной дисциплины «Динамическая геоэкология», построенной на принципах жизнепригодности и опережающего предвидения возможности появления чрезвычайных геоэкологических ситуаций и их последствий для человека и его разнообразной деятельности. В свете вызовов техногенной цивилизации динамической геоэкологии надлежит играть роль основы и фактора формирования мировоззрения, соответствующего современному уровню знаний, а также деятельных геоэкологических компетенций, творческого, созидательного отношения к жизни.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Давиденко Н.М. Актуальные вопросы геоэкологии. – М.: ГЕОС, 2003. – 428 с.
2. Жиров А.И. Теоретические основы геоэкологии. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. – 377 с.
3. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. Экологическая

геоморфология: словарь-справочник. – М.: Медиа-Пресс, 2004. – 240 с.
4. Мир геоэкологии. – М.: ГЕОС, 2008. – 296 с.
5. Розанов Л.Л. Технолитоморфная трансформация окружающей среды. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 182 с.
6. Розанов Л.Л. Геоэкология: учебно-методическое пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2010. – 272 с.
7. Розанов Л.Л. Геоэкология: объект и предмет исследования // География: проблемы науки и образования. LXIII Герценовские чтения. Материалы ежегодной Международной научно-практической конференции (22-24 апреля 2010 г., Санкт-Петербург). – СПб.: Полиграф – Ресурс, 2010. – С. 54-58.
8. Розанов Л.Л. О геоэкологической компетентности выпускника вуза // Грани геоэкологии (к 75-летию со дня рождения профессора О.П. Добродеева): сб. работ кафедры геологии и геоэкологии МГОУ. – М.: Изд-во МГОУ, 2010. – С. 33-42.
9. Тимашев И.Е. Геоэкология: первоисточники, подходы, перспективы // Вестник МГУ. Сер. География. – 2000. – № 5. – С.18-22.
10. Тролль К. Ландшафтная экология (геоэкология) и биогеоценология, терминологическое исследование // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1972. – № 3. – С.114-120.
11. Трофимов В.Т. Парадоксы современной геоэкологии // Вестник МГУ. Сер. Геология. – 2009. – № 4. – С.3-13.
12. Ясаманов Н.А. Основы геоэкологии. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 352 с.

НАШИ АВТОРЫ

Абилова Афаг Латиф кызы – диссертант Института почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: mpanah@mail.ru

Агаев Тельман М. – доктор биологических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Азербайджана, директор Института физиологии Национальной академии наук Азербайджана им. А.И. Караева (г. Баку); e-mail: namik.s@mail.ru

Ахундов Акиф Гамзаевич – кандидат биологических наук, заведующий кафедрой физиологии Нахичеванского государственного университета (Азербайджан); e-mail: namik.s@mail.ru

Березин Михаил Борисович – доктор химических наук, профессор, академик Российской академии естественных наук, главный научный сотрудник Института химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново); e-mail: mbb@isc-ras.ru

Березина Надежда Михайловна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник кафедры аналитической химии Ивановского государственного химико-технологического университета; e-mail: sky_berezina@rambler.ru

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

Васильев Николай Валентинович – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и аналитической химии Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: nikolai-vasilev@mail.ru

Виноградов Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-производственного объединения «Гидротехпроект» (г. Валдай Новгородской обл.); e-mail: gtp012007@yandex.ru

Гаджиева Назакат Шамиль кызы – кандидат биологических наук, докторант Института микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

Гахраманова Фарида Хосров кызы – кандидат биологических наук, ученый секретарь Института микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

Гиниятуллин Айрат Рафаэлевич – аспирант кафедры прикладной математики Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева; e-mail: aginiyatullin@eias.ru

Гончарова Ольга Александровна – студент биолого-химического факультета Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: nikolai-vasilev@mail.ru

Гуртяк Александр Анатольевич – аспирант кафедры экологии и природопользования Института природопользования Югорского государственного университета; e-mail: gurtak@mail.ru

Джабраилзаде Сабия Меликмаммед кызы – кандидат биологических наук, старший преподаватель Бакинского государственного университета (Азербайджан); e-mail: azmbi@mail.ru

Диденкулова Ирина Игоревна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник кафедры прикладной математики Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева; e-mail: didenkulova@gmail.com

Дорохов Дмитрий Борисович – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией Центра «Биоинженерия» Российской академии наук (г. Москва); e-mail: dorokhov@biengi.ac.ru

Еюбов Баратхан Боюкага оглы – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией Научно-исследовательского института овощеводства Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

Иванов Александр Львович – доктор биологических наук, профессор, Почётный работник высшего профессионального образования РФ, заведующий кафедрой ботаники, зоологии и общей биологии Северо-Кавказского федерального университета (г. Ставрополь); e-mail: alivanov@mail.ru

Керимов Заур Махмуд оглы – диссертант Института микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: mpanah@mail.ru

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

Ковалёва Ольга Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, зоологии и общей биологии Северо-Кавказского федерального университета (г. Ставрополь); e-mail: kraiobetovanny777@mail.ru

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

Корсакова Надежда Валентиновна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (г. Москва); e-mail: dbpetrenko@yandex.ru

Кострюкова Татьяна Сергеевна – ассистент кафедры общей и аналитической химии Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: kostatat@mail.ru

Кригман Любовь Васильевна – научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (г. Москва); e-mail: dbpetrenko@yandex.ru

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

Куксова Марина Анатольевна – кандидат биологических наук, доцент, профессор Российской академии естествознания (г. Москва), доцент кафедры биологии и экологии Ставропольского государственного педагогического института; e-mail: mkuksova@list.ru

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

Макаренков Дмитрий Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры Юнеско «Техника экологически чистых производств» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ) (Университет машиностроения); e-mail: makarenkovd@gmail.com

Мамедов Гушат Магеррам оглы – диссертант Института микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

Мамедова Фидан Расим кызы – младший научный сотрудник Института микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (г. Баку); e-mail: azmbi@mail.ru

Марданова Самира Рафиг гызы – аспирант кафедры аналитической химии Бакинского государственного университета (Азербайджан), старший преподаватель кафедры химии Гянджинского государственного университета (Азербайджан); e-mail: fidan_chem@rambler.ru

Мартынов Виктор Викторович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: martynov.vik@gmail.com

Мурадов Панах Зулфигар оглы – доктор биологических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Азейрбаджана (г. Баку), заместитель директора Института микробиологии Национальной академии наук Азейрбаджана (г. Баку); e-mail: mpanah@mail.ru

Назаров Вячеслав Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры Юнеско «Техника экологически чистых производств» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ) (Университет машиностроения), Почетный работник высшего профессио¬нального образования РФ; e-mail: nazarov_vi41@mail.ru

Пелиновский Дмитрий Ефимович – профессор университета Мак-Мастера (г. Гамильтон, Канада), руководитель группы в Нижегородском техническом университете; e-mail: dmitry11@hotmail.com

Пелиновский Ефим Наумович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института прикладной физики Российской академии наук (г. Нижний Новгород), профессор Нижегородского технического университета; e-mail: pelinovsky@gmail.com

Петренко Дмитрий Борисович – ассистент кафедры общей и аналитической химии Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: dbpetrenko@yandex.ru

Радугина Ольга Георгиевна – кандидат химических наук, доцент кафедры общей и аналитической химии Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: nikolai-vasilev@mail.ru

Розанов Леонид Леонидович – доктор географических наук, профессор кафедры общей физической географии и охраны природы Естественно-экологического института Московского государственного областного университета; e-mail: rozanovleonid@mail.ru

Рустамов Эльхан Керимович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией Института физиологии Национальной академии наук Азербайджана им. А.И. Караева (г. Баку); e-mail: namik.s@mail.ru

Семейкин Александр Станиславович – доктор химических наук. профессор, главный научный сотрудник Ивановского государственного химико-технологического университета; e-mail: semeikin@isuct.ru

Султанова Нателла Газархан кызы – кандидат биологических наук, старший преподаватель Сумгаитского государственного университета (Азербайджан); e-mail: mpanah@mail.ru

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

Сычкова Валентина Андреевна – ведущий инженер Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (г. Москва); e-mail: dbpetrenko@yandex.ru

Торопченова Елена Станиславовна – кандидат химических наук, научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (г. Москва); e-mail: dbpetrenko@yandex.ru

Тюгин Дмитрий Юрьевич – аспирант кафедры прикладной математики Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева; e-mail: dtyugin@gmail.com

Харченко Татьяна Александровна – соискатель кафедры экологии Ставропольского государственного аграрного университета; e-mail: Kharchenkotany@mail.ru

Юсифова Анаханым Амралы кызы – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой ботаники Бакинского государственного университета (Азербайджан); e-mail: mpanah@mail.ru