

ВЕСТНИК

ISSN 0869–7698

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО
ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ
НАУК

4
2019

Научный журнал

Учредители

Дальневосточное отделение РАН

Центральная научная библиотека ДВО РАН

Журнал основан в 1932 г.

Издание прекращено в 1939 г.,

возобновлено в 1990 г.

ВЕСТНИК

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО
ОТДЕЛЕНИЯ

РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ
НАУК

4 (206). 2019

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Академику В.И. Сергиенко – 75 лет</i>	5
Науки о Земле	
П.Я. БАКЛАНОВ, М.Т. РОМАНОВ. Направления долгосрочного развития Дальневосточного региона России	6
Г.П. СКРЫЛЬНИК. Место и роль взаимодействий природных факторов и процессов в организации геосистем и создании устойчивого развития регионов (на примере Дальнего Востока)	19
Л.И. МЕЗЕНЦЕВА, М.А. ГРИШИНА, И.И. КОНДРАТЬЕВ. Траектории и глубина циклонов, выходящих на территорию Приморского края	29
А.И. БАБУШКИНА, Д.Н. БЫКОНЯ, В.А. ЧУЛКОВ. Влияние резкого изменения атмосферного давления на деформацию земной коры	39
Т.С. ЯКИМОВ, С.А. ФЁДОРОВ, В.Ю. КАЛПИН. Серебряная минерализация в аргиллитах Кирченковского месторождения (Забайкалье)	45
В.К. ЛЕКСИН. Выявление геологических опасностей на Южно-Киринском нефтегазоконденсатном месторождении (шельф острова Сахалин)	51
Л.А. ИЗОСОВ, Н.П. КУЛЬКОВ. Геология раннего–среднего палеозоя Япономорской зоны перехода континент–океан (обзор). Ч. 1	59
Ф.С. ОНУХОВ, Т.В. МЕРКУЛОВА. Тектонические террасированные горные склоны как индикатор выделения палеоземлетрясений	72
Д.С. МАКСЕЕВ, С.А. ФЕДОРОВ, К.И. АКСЕНТОВ, Р.Б. ШАКИРОВ. Новые геохимические данные по осадкам Южно-Татарского осадочного бассейна (по результатам 54-го рейса НИС «Академик Опарин»)	83
М.М. ДОНЕЦ, В.Ю. ЦЫГАНКОВ. Современные уровни загрязняющих веществ в промышленных объектах дальневосточных морей России	90
О.А. ГОЛУБИНА, Е.Н. ТВЕРЯКОВА, И.А. ПЕРЕДЕРИНА, Г.А. ЖОЛОбОВА, И.А. ИВАНОВА, Д.А. МИХАЛЁВ, Ю.Ю. МИРОШНИЧЕНКО, М.В. ЗЫКОВА. Фосфаты Са, Al, Fe в торфах эвтрофного торфяного месторождения	104
В.Д. ХУДИК, В.Т. СЪЕДИН, И.Б. ЦОЙ. Новые данные о возрасте хойнджинской свиты Западного Сахалина и их значение для обоснования положения границы между палеогеном и неогеном на юге Дальнего Востока России	112
Е.Н. МАЛЫШЕВА. Сравнительная характеристика комплексов сфинктозоа, обнаруженных в органогенных постройках Находкинского рифа и горы Брат (Южное Приморье)	120
Биологические науки	
Е.А. ЖАРИКОВА, О.М. ГОЛОДНАЯ. К вопросу о почвах городских газонов (на примере городов Приморья)	129
Научная смена	
Е.А. ШЕКМАН. Развитие методов моделирования структуры речных бассейнов на основе средств ГИС	136
Из истории науки	
А.А. ХИСАМУТДИНОВ. Первые научные обмены: к 135-летию создания Общества изучения Амурского края	146

Главный редактор вице-президент РАН академик РАН В.И. СЕРГИЕНКО

Заместитель главного редактора В.С. ЖЕРДЕВ

Ответственный секретарь Л.А. РУСОВА

Редакционная коллегия:

- акад. РАН А.В. АДРИАНОВ – научный руководитель (президент) Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток
- акад. РАН В.А. АКУЛИЧЕВ – научный руководитель Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток
- акад. РАН П.Я. БАКЛАНОВ – научный руководитель Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Владивосток
- чл.-корр. РАН В.В. БОГАТОВ (зам. главного редактора) – главный ученый секретарь ДВО РАН, Владивосток
- чл.-корр. РАН С.Ю. БРАТСКАЯ – зав. лабораторией Института химии ДВО РАН, Владивосток
- чл.-корр. РАН Б.А. ВОРОНОВ – научный руководитель Института водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск
- акад. РАН М.А. ГУЗЕВ – директор Института прикладной математики ДВО РАН, Владивосток
- акад. РАН Г.И. ДОЛГИХ – зам. директора по научным вопросам Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток
- акад. РАН Ю.Н. ЖУРАВЛЁВ – главный научный сотрудник Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток
- чл.-корр. РАН А.Г. КЛЫКОВ – зав. отделом Федерального научного центра агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск
- акад. РАН Ю.Н. КУЛЬЧИН – научный руководитель Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток
- чл.-корр. РАН В.Л. ЛАРИН (зам. главного редактора) – научный руководитель Института истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН, Владивосток
- чл.-корр. РАН Б.В. ЛЕВИН – научный руководитель Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск
- д.г.-м.н. Ю.А. МАРТЫНОВ – зав. лабораторией Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Владивосток
- акад. РАН П.А. МИНАКИР – научный руководитель Института экономических исследований ДВО РАН, Хабаровск
- д.ф.-м.н. С.В. ПРАНЦ – зав. отделом Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток
- акад. РАН В.А. СТОНИК – научный руководитель Тихоокеанского института биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, Владивосток
- акад. РАН А.И. ХАНЧУК – научный руководитель Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Владивосток

Scientific journal

Founders

Far Eastern Branch of RAS

Central Scientific Library, FEB RAS

The journal was found in 1932

The publication was discontinued in 1939,
was resumed in 1990

VESTNIK

OF THE FAR EAST BRANCH

OF THE RUSSIAN
ACADEMY
OF SCIENCES

4 (206). 2019

CONTENTS

<i>75-th anniversary of the birth of the Academician V.I. Sergienko</i>	5
Earth sciences	
P.Ya. BAKLANOV, M.T. ROMANOV. Directions of the long-term development of the Far Eastern Region of Russia	6
G.P. SKRYLNIK. The place and role of natural factors and processes interactions in the organization of geosystems and creation sustainable development of the regions (by the example of the Far East Region)	19
L.I. MEZENTSEVA, M.A. GRISHINA, I.I. KONDRAT'EV. Trajectories and depth of cyclones entering Primorsky Krai	29
A.I. BABUSHKINA, D.N. BYKONYA, V.A. CHULKOV. Influence of sudden change of atmospheric processes and deformation of the Earth's crust	39
T.S. YAKIMOV, S.A. FEDOROV, V.Yu. KALGIN. Silver mineralizations in argillites from the Kirchenovsky gold-silver mine (Zabaikalsky Krai)	45
V.K. LEKSIN. Identification of geological hazards of the South-Kirinskoye oil and gas condensate field (shelf of the Sakhalin Island)	51
L.A. IZOSOV, N.P. KULKOV. Early – Middle Paleozoic geology of the Japan Sea Continent – Ocean Transition Zone (review). Pt 1.	59
F.S. ONUKHOV, T.V. MERKULOVA. Tectonic terraced mountain slopes as the indicator of paleoearthquakes ...	72
D.S. MAKSEEV, S.A. FEDOROV, K.I. AKSENTOV, R.B. SHAKIROV. New geochemistry data on sediments of the South Tatar sediment basin (basing on the 54 th cruise of RV "Akademik Oparin")	83
M.M. DONETS, V.Yu. TSYGANKOV. Current levels of pollutants in commercial hydrobionts of the Russian Far Eastern seas	90
O.A. GOLUBINA, E.N. TVERYAKOVA, I.A. PEREDERINA, G.A. ZHOLOBOVA, I.A. IVANOVA, D.A. MIHALYOV, Yu. Yu. MIROSHNICHENKO, M.V. ZYKOVA. Phosphates Ca, Al, Fe in peat of eutrophic peat deposit	104
V.D. KHUDIK, V.T. S'EDIN, I.B. TSOY. The recently obtained data on the age of Hoindzhinskaya suite from Western Sakhalin and its significance for justification of the Paleogene–Neogene boundary for the South of the Russian Far East	112
E.N. MALYSHEVA. Comparative characteristics of Sphinctozoa complexes found in organogenic structures of the Nakhodkinskiy reef and Mount Brat (Southern Primorye)	120
Biological sciences	
E.A. ZHARIKOVA, O.M. GOLODNAYA. On the issue of urban lawn soils (on the example of cities of Primorye)	129
New scientific personnel	
E.A. SHEKMAN. Development of methods of modeling the structure of river basins based on GIS tools	136
From the history of science	
A.A. KHISAMUTDINOV. The first scientific exchanges: to 135 anniversary of the Amur Region Research Society	146

Chief Editor V. I. SERGIENKO, Academician, Vice-President of RAS

Deputy Chief Editor V.S. ZHERDEV

Executive Secretary L.A. RUSOVA

Editorial staff:

- A.V. ADRIANOV, Academician of RAS – Research Supervisor (President), A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS, Vladivostok
- V. A. AKULICHEV, Academician of RAS – Research Supervisor, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok
- P.Ya. BAKLANOV, Academician of RAS – Research Supervisor, Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok
- V.V. BOGATOV, Corresponding Member of RAS (Deputy Chief Editor) – Chief Scientific Secretary, FEB RAS, Vladivostok
- S.Yu. BRATSKAYA, Corresponding Member of RAS – Chief of Laboratory, Institute of Chemistry, FEB RAS, Vladivostok
- G.I. DOLGIKH, Academician of RAS – Deputy Director for Research, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok
- M.A. GUZEV, Academician of RAS – Director, Institute of Applied Mathematics, FEB RAS, Vladivostok
- A.I. KHANCHUK, Academician of RAS – Research Supervisor, Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok
- A.G. KLYKOV, Corresponding Member of RAS – Head of the Department, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk
- Yu.N. KULCHIN, Academician of RAS – Research Supervisor, Institute of Automation and Control Processes, FEB RAS, Vladivostok
- V.L. LARIN, Corresponding Member of RAS (Deputy Chief Editor) – Research Supervisor, Institute of History, Archaeology and Ethnography of the Peoples of the Far East, FEB RAS, Vladivostok
- B.V. LEVIN, Corresponding Member of RAS – Research Supervisor, Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk
- Yu.A. MARTYNOV, Doctor of Geological-Mineralogical Sciences – Chief of Laboratory, Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok
- P.A. MINAKIR, Academician of RAS – Research Supervisor, Economic Research Institute, FEB RAS, Khabarovsk
- S.V. PRANTS, Doctor of Physical-Mathematical Sciences – Head of the Department, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok
- V.A. STONIK, Academician of RAS – Research Supervisor, G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, FEB RAS, Vladivostok
- B.A. VORONOV, Corresponding Member of RAS – Research Supervisor, Institute of Water and Ecological Problems, FEB RAS, Khabarovsk
- Yu.N. ZHURAVLEV, Academician of RAS – Chief Researcher, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok

АКАДЕМИКУ В.И. СЕРГИЕНКО – 75 ЛЕТ



Валентин Иванович Сергиенко – действительный член Российской академии наук (2002), доктор химических наук (1989), профессор, председатель Дальневосточного отделения РАН (2001), вице-президент РАН (2013); возглавляет национальный комитет Тихоокеанской научной ассоциации (PSA), член исполнительного комитета Ассоциации академий и научных сообществ Азии (AASSA); член редколлегий ряда отечественных и зарубежных журналов, главный редактор журнала «Вестник ДВО РАН». Является автором и соавтором свыше 400 научных публикаций в отечественных и зарубежных журналах, 12 монографий, имеет более 30 авторских свидетельств, 40 патентов РФ и два патента EU, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники (1997), лауреат премии РАН имени В.Г. Хлопина (2019), награжден орденом Трудового Красного Знамени, орденом «Знак Почета» и медалями СССР, имеет ведомственные награды РФ.

В.И. Сергиенко – человек большого государственного масштаба. Этот юбилей он встречает как признанный ученый мирового уровня, талантливый руководитель и организатор науки, один из выдающихся специалистов в области изучения атомного и электронного строения неорганических соединений и материалов на их основе, спектрохимии фторидных соединений переходных металлов, разработки физико-химических основ новых способов получения и производства функциональных материалов для современной науки и техники.

Нам особенно приятно сознавать, что уже 17 лет В.И. Сергиенко является главным редактором журнала «Вестник Дальневосточного отделения РАН». Все эти годы мы неизменно чувствуем его поддержку, неподдельную заинтересованность и внимание, доброжелательную требовательность, умение видеть ценность и важность каждого отдельного человека.

С чувством глубокого уважения и признательности редакция и редколлегия журнала желают Вам, многоуважаемый Валентин Иванович, отменного здоровья, дальнейшей плодотворной деятельности на благо науки, неиссякаемой жизненной энергии и оптимизма, исполнения желаний, тепла и любви близких!

П.Я. БАКЛАНОВ, М.Т. РОМАНОВ

Направления долгосрочного развития Дальневосточного региона России

Обозначены национальные интересы России в долгосрочном устойчивом развитии Дальневосточного региона, основные цели развития, включая геополитические, экономические, социальные и экологические. Описаны ключевые проблемы устойчивого развития региона. Рассмотрены благоприятные факторы развития: географическое положение макрорегиона, большой и разнообразный природно-ресурсный потенциал суши и моря, уникальный научно-образовательный потенциал и др. Выделены различные пространственные уровни анализа и оценоч: макрорегион, включая прилегающую к нему 200-мильную зону, мезорайоны – субъекты ДФО, дробные и муниципальные районы и отдельные поселения. В качестве связующего уровня предлагается рассматривать территориальные социально-экономические системы в виде групп поселений, связанных транспортными путями, и территориальных структур природопользования. Определяются приоритетные направления и виды деятельности для макрорегиона и отдельных субъектов. Виды деятельности предлагается «развертывать» до отдельных поселений. Приводятся зонирование региона по сочетанию факторов долгосрочного развития и карта с корректировкой некоторых границ административно-территориального деления.

Ключевые слова: Дальневосточный регион, программа развития, национальные интересы, цели развития, макрорегион, субъекты, дробные районы, поселения, приоритетные виды деятельности, зонирование, районирование, инструменты развития.

Directions of the long-term development of the Far Eastern Region of Russia. P.Ya. BAKLANOV, M.T. ROMANOV (Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok).

The national interests of Russia in the long-term sustainable development of the Far Eastern Region, its main development goals, including geopolitical, economic, social and environmental ones are highlighted. The key problems of effective sustainable development are described. Favorable factors of its development such as a geographical location of the macroregion, a large and diverse natural resource potential of land and sea, a unique scientific and educational potential, etc. are considered. Analysis and assessments are done at different spatial levels including the macroregion with its adjacent 200-mile sea economic zone, federal territorial units as mesoregions – subjects of the Far-Eastern Federal District, fractional and municipal areas and separate settlements. The territorial economic and social systems in the form of combinations of settlements tied by transport routes and territorial structures of natural resources management are proposed to consider as the main linking patterns. Priorities and types of activities for the macroregion and separate federal territorial units are determined. Such activities are proposed to «deploy» up to the individual settlements. The zoning of the region by a combination of long-term development factors, and a map with adjustments of some boundaries of the administrative-territorial division are offered.

Key words: Far Eastern Region, development program, national interests, development goals, macroregion, subjects, fractional areas, settlements, priority activities, zoning, subdivision into districts, development tools.

Введение

В настоящее время по поручению Президента РФ В.В. Путина ведется разработка национальной Программы социально-экономического развития Дальневосточного

*БАКЛАНОВ Пётр Яковлевич – академик РАН, доктор географических наук, научный руководитель института, РОМАНОВ Матвей Тихонович – доктор географических наук, главный научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: pbaklanov@tigdvo.ru

региона и Забайкалья. Эта огромная территория включает 11 субъектов РФ. На севере и востоке к ней прилегает почти такая же по площади 200-мильная морская исключительная зона РФ и восточная часть арктического шельфа. Представляется, что объектом Программы должен быть весь территориально-акваториальный макрорегион – ДФО с прилегающей морской 200-мильной зоной и восточной частью арктического шельфа со всем природно-ресурсным потенциалом. Восточную часть этого макрорегиона в последнее время часто называют Тихоокеанской Россией [7–9].

Разрабатываемая Программа должна соответствовать статусу национальной и учитывать основные тенденции развития России в целом. В этой связи кроме отдельных формальных атрибутов, отражающих уровень разработки, утверждения, контроля и т.п., она должна содержать раздел, посвященный национальным интересам Российской Федерации, которые предстоит реализовать через Дальневосточный регион. Национальная Программа будет долговременной, с поэтапным выполнением поставленных в ней задач: 1-й этап – до 2025 г., 2-й – до 2030 г. и 3-й – до 2035 г. [1, 2].

Национальная Программа должна быть комплексной и содержать оценки и ориентиры не только устойчивого развития социально-экономической сферы, но и геополитических отношений в регионе. В ней необходимо обозначить состояние окружающей среды, науки, образования, культуры и направления природопользования [2, 7, 9, 10].

Наконец, национальную Программу следует обеспечить значительными объемами финансирования, в том числе федерального.

Национальные интересы России в Азиатско-Тихоокеанском регионе

Именно на востоке Россия выходит непосредственно к крупнейшим странам мира – США, Китаю и Японии. В окружении этих стран с мощнейшей экономикой и сильным военным потенциалом России предстоит отстаивать свои национальные интересы в АТР. Основными из них являются:

1) сохранение суверенитета страны над огромной сухопутной территорией (7,0 млн км²) и обширной морской акваторией в пределах исключительной морской 200-мильной зоны (арктической, тихоокеанской), а также восточной части арктического шельфа (всего около 6,5 млн км²) с их природно-ресурсным потенциалом. Длина морской береговой линии около 40 тыс. км;

2) укрепление сухопутной государственной границы протяженностью более 5 тыс. км;

3) обеспечение морских выходов России к морям и Тихому океану, к притихоокеанским странам с целью взаимовыгодного эффективного сотрудничества с ними;

4) наращивание транзитных перевозок из стран АТР в Россию и Европейский союз и в обратном направлении;

5) рациональное использование в интересах страны огромного и разнообразного природно-ресурсного потенциала суши и моря, прежде всего в пределах 200-мильной морской экономической зоны (в макрорегионе сосредоточено около 40 % российских запасов природных ресурсов);

6) за счет ускоренного развития, активного внедрения инновационных технологий, достижения современного качества жизни населения демонстрировать странам АТР высокий уровень российской экономики и социальной сферы, культуры, науки, качества окружающей среды, а также долгосрочные миролюбивые устремления России.

Основные цели долгосрочного развития макрорегиона

Главными целями развития Дальневосточного региона должны стать:

1) укрепление национальной безопасности страны на востоке, включая арктическую и тихоокеанскую морские 200-мильные зоны (геополитическая цель);

2) достижение демографической стабильности и устойчивого прироста населения, высокого уровня и качества жизни всех групп населения в макрорегионе, сопоставимого с развитыми, прежде всего соседними, странами (социальная цель);

3) обеспечение устойчивого развития и высокой экономической и эколого-экономической эффективности приоритетных видов деятельности и территориально-акваториальных структур хозяйства, их конкурентоспособности, сопоставимой с аналогичными видами деятельности в странах АТР (экономическая цель);

4) сохранение окружающей среды, уникальных наземных и морских экосистем, их ресурсно-экологического потенциала (экологическая цель).

Пространственные уровни национальной Программы

Комплексный и долгосрочный характер Программы, а также необходимость достижения одновременно нескольких целей регионального развития требуют прогнозных оценок и расчетов для разных пространственных уровней. Так, геополитическая цель может быть реализована только на макрорегиональном уровне, экологические цели в наиболее содержательной их форме – лишь на уровне муниципальных районов, поселений и их территориальных сочетаний, социальные и экономические цели – на уровне субъектов, а также отдельных поселений и их территориальных групп. В этой связи в основу национальной программы необходимо закладывать долгосрочное пространственное развитие макрорегиона, обеспечивающее достижение вышеобозначенных целей.

Пространственное развитие – это устойчивые количественно-качественные приращения в социально-экономических структурах региона, выделяемых на разных уровнях. Пространственное развитие должно охватывать социальную, экономическую, культурную и природно-ресурсную сферы.

В качестве основных пространственных структурных уровней, по нашему мнению, следует рассматривать следующие: макрорегион – ДФО в целом; мезорайоны – в границах субъектов РФ; социально-экономические районы в составе групп муниципальных районов; муниципальные районы и отдельные поселения с их территориально-акваториальным окружением. Переходным, связующим пространственным уровнем предлагаем считать территориальные социально-экономические системы (ТСЭС) в виде групп поселений, связанных одними транспортными путями и имеющих общие территориальные (аква-территориальные) структуры природопользования [3]. Основная ТСЭС выделяется для города – центра субъекта. Это поселение рассматривается как точка отсчета структуры ТСЭС, как ее центральный элемент. Для центра вычленяются все сочетания поселений, непосредственно связанных с центральным поселением транспортными путями, и все звенья природопользования. В случае большой значимости в ТСЭС необходимо включать и структурные звенья 2-го и более высокого порядков. Затем выделяются и оцениваются ТСЭС для всех других крупных поселений субъекта.

На каждом из уровней определяются и оцениваются развивающиеся пространственные и менее структурированные территориальные единицы, их существующие и новые звенья: на макроуровне – сочетания мезорайонов, субъектов, на мезоуровнях – сочетания дробных районов, на дробных уровнях – сочетания муниципальных районов, на уровне муниципальных районов – отдельные поселения и ТСЭС как сочетания поселений, звеньев природопользования и их сопряжения с территорией, территориальной организацией.

Рассматриваемые на всех уровнях пространственные (территориальные) системы – открытые, т.е. имеют разнообразные взаимодействия с внешним окружением (природно-ресурсным и социально-экономическим). Основные внешние связи и отношения также должны выделяться и оцениваться.

Пространственные системы на всех уровнях обладают значительной инерционностью, поэтому количественно-качественные приращения в процессе пространственного

развития не приводят к слишком быстрым перестроениям пространственных социально-экономических структур.

Дальний Восток в российской экономике

В течение многих десятилетий дальневосточные районы были и останутся в перспективе важными участниками общероссийского разделения труда. В регионе производится большая доля некоторых видов продукции и услуг. Значительную долю в российской экономике занимают или будут в ближайшие годы занимать:

добыча рыбы и морепродуктов (более 65 % общероссийских объемов);

добыча алмазов (около 90 %), золота, серебра (до 50 %), платины, ряда других цветных металлов и полиметаллов;

добыча и переработка древесины и других ресурсов леса (до 10 % при запасах древесины более 30 %);

продукция некоторых отраслей машиностроения, прежде всего авиастроения (производство военных и гражданских самолетов и вертолетов);

морской транспорт, в том числе для обеспечения транзита и экспортно-импортных перевозок товаров (через порты Дальнего Востока реализуется до 40 % морских перевозок в стране);

космические услуги с нового космодрома «Восточный», который позволит региону занять важное место в космической отрасли страны;

туризм как внутренний, для граждан РФ, так и въездной, для иностранных граждан, прежде всего из стран АТР. Камчатский край, Сахалин, Приморье, Хабаровский край входят в число лидирующих в России по росту количества туристов.

Основные проблемы устойчивого развития региона и ограничения

Для Дальнего Востока характерны небольшая и сокращающаяся численность населения (всего в регионе проживает около 8,25 млн чел.), слабый собственный демографический потенциал с низким уровнем рождаемости и естественного прироста. Из многих районов Дальнего Востока продолжается миграционный отток населения.

Дальневосточный регион отличается огромной пространственной рассредоточенностью. Протяженность с севера на юг – более 5 тыс. км, с востока на запад – более 4 тыс. км.

Указанными выше обстоятельствами обусловлены низкая плотность населения в регионе (чуть более 1 чел. на 1 км²) и слабая инфраструктурная связанность территории (особенно железными и автомобильными дорогами).

На Дальнем Востоке очень ограниченный внутренний рынок товаров как потребительских, так и производственных. Зарубежные сегменты трансграничных рынков в условной рыночной зоне радиусом 1000 км от Владивостока по численности населения как потребителя товаров почти в 100 раз больше дальневосточного.

Для многих районов Дальнего Востока характерны экстремальные природные явления: землетрясения, цунами, наводнения, штормы, низкие температуры, многолетняя мерзлота, резкие колебания погодных условий и др. Все это в конечном счете проявляется в удорожающих факторах как при строительстве объектов и сооружений, так и в производстве товаров и услуг.

В целом Дальний Восток – это регион с невысокой хозяйственной освоенностью и слабым развитием транспортной инфраструктуры. Все относительно хорошо освоенные районы находятся на юге. Северные же территории (Якутия, Камчатка, Чукотка, ряд северных районов в других субъектах) имеют низкий уровень хозяйственной освоенности.

Специфической геополитической проблемой является то, что, будучи слабоосвоенным, макрорегион непосредственно граничит с крупнейшими странами мира – США, Китаем, Японией, обладающими огромным геополитическим потенциалом.

Основные долгосрочные благоприятные факторы устойчивого социально-экономического развития макрорегиона

Несмотря на наличие серьезных ограничений, на Дальнем Востоке имеются и благоприятные факторы для реализации долгосрочной национальной программы [4, 6, 8, 10].

Широкий выход региона к морям, Северному Ледовитому и Тихому океанам (морская береговая линия – около 40 тыс. км) может обеспечить его развитие за счет освоения морских природных ресурсов и эксплуатации морских транспортных путей. При очень большой удаленности Дальнего Востока от европейской части страны для развития региона необходимо использовать непосредственное соседство и близость с развитыми и развивающимися странами АТР (Китаем, США, Японией, Республикой Корея, КНДР, Монголией, Вьетнамом, Малайзией, Индонезией и др.).

Дальневосточный регион в своем социально-экономическом развитии должен опираться на разнообразный и до конца еще не разведанный природно-ресурсный потенциал суши, моря и океанов (рыба и морепродукты, нефтегазовые ресурсы, уголь, алмазы, металлы и полиметаллы, в том числе благородные и редкоземельные металлы, химическое сырье, различные лесные ресурсы, гидроэнергия, океаническая энергия, прежде всего для строительства приливно-отливных электростанций, разнообразные рекреационные и туристические ресурсы и др.). Важно то, что во многих компактных ареалах размещены территориальные и аква-территориальные сочетания (системы) различных природных ресурсов, которые можно эффективно использовать не только на пользу локальных зон, но и в интересах всего макрорегиона.

Многие территории и акватории Дальнего Востока являются составной частью крупных трансграничных регионов. Это трансграничные бассейны Чукотского, Берингова, Охотского и Японского морей, трансграничные бассейны рек Амур, Усури, Туманная и др., трансграничный бассейн оз. Ханка. Эта особенность геополитического положения макрорегиона закладывает объективные предпосылки международного сотрудничества в устойчивом природопользовании и развитии приграничных районов [4, 8].

В регионе сконцентрирован и развивается значительный научно-образовательный потенциал: около 50 институтов ДВО РАН, крупнейшие вузы – Дальневосточный федеральный университет, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Морской государственный университет (Владивосток), Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск), Амурский государственный университет (Благовещенск), Северо-Восточный федеральный университет (Якутск) и др. [7].

Приоритетные виды деятельности в макрорегионе на долгосрочную перспективу

Главные для Дальнего Востока виды деятельности определялись с учетом имеющихся стратегических разработок и научных исследований [2, 4–7, 10] и исходя из наличия ресурсов, рынков, научно-образовательных структур, которые будут действовать в течение длительного времени (десятилетия). При реализации приоритетных направлений хозяйственной деятельности необходимо принимать во внимание главную специфику географического положения макрорегиона, т.е. его расположение в зоне контакта огромной суши с океанами, в связи с чем здесь формируются и будут развиваться структуры и функции, направленные на широкое освоение океана. Кроме того, близость Дальнего

Востока к крупнейшим развитым и развивающимся соседним странам требует создания здесь устойчивых контактных структур и функций, обеспечивающих взаимодействие России, в том числе ее дальневосточных регионов, с соседними странами и их регионами.

Выделенные на основе вышеизложенного приоритетные направления долгосрочного развития региона оценивались по наличию предпосылок эффективного развития (доступность к рынкам ресурсов и рынкам потребления, наличие научно-образовательных центров и схожих видов деятельности), а также по имеющимся ограничениям (трудовые ресурсы, экологические нормативы). Виды деятельности, получившие высокие оценки для условий Дальневосточного региона, сведены в табл. 1.

Таблица 1

Приоритетные виды деятельности для Дальнего Востока

Приоритетные направления	Приоритетные виды деятельности
Морехозяйственная отрасль	Добыча рыбы и морепродуктов; марикультура; глубокая переработка рыбы, морепродуктов (в том числе отходов производства); добыча и переработка других видов природных ресурсов, в том числе с морского дна и из морской воды; судостроение и судоремонт; производство подводных роботов многоцелевого назначения; морской транспорт (порты, компании, обслуживание); изучение Мирового океана, его ресурсов, разработка технологии добычи и освоения
Горнодобывающие производства	Добыча углей, углехимия; добыча алмазов, золота, платины, серебра, цветных металлов, полиметаллов и их комплексная обработка; добыча и комплексная обработка редкоземельных металлов; добыча и комплексная переработка химического сырья
Черная металлургия	Производство различных сортов проката, в том числе листового для судостроения
Электроэнергетика	Развитие гидроэлектроэнергетики на реках региона, получение океанической электроэнергии, в т.ч. на крупных приливно-отливных станциях, развитие водородной энергетики
Развитие Северного морского пути	Развитие важнейших опорных баз, компаний, структур обслуживания
Лесопромышленная отрасль	Заготовка древесины (в ограниченных объемах) и ее переработка; использование низкосортной древесины для глубокой переработки; комплексная переработка других ресурсов леса; активное лесовосстановление
Транспортное машиностроение	Производство самолетов и вертолетов многоцелевого назначения, других летательных аппаратов, в том числе автономных; автомобилестроение; производство электрооборудования
Нефтегазовый кластер	Добыча нефти и газа, в том числе на шельфе; транспортировка по нефте- и газопроводам; нефте- и газохимическое производство, нефтепродукты, пластмассы, сжиженный газ, минеральные удобрения

Приоритетные направления	Приоритетные виды деятельности
Фармацевтическая отрасль	Производство лекарственных веществ из морского сырья и лесных ресурсов; производство активных биологических добавок
Сельское хозяйство	Выращивание сои, риса; развитие северного оленеводства
Наземные виды транспорта	«Северный завоз», транзит, трансконтинентальный контейнерный мост; скоростные пассажирские перевозки
Научно-образовательный кластер	Подготовка кадров по приоритетным направлениям развития региона; проведение фундаментальных и прикладных исследований, направленных на научное обеспечение приоритетных направлений развития региона (изучение контактных зон, океана и его ресурсов, рациональное устойчивое природопользование, разработка новых материалов, техники, технологии, цифровых методов управления и т.д.)
Туризм	Региональный (Дальний Восток), национальный (Российская Федерация) и международный (Азиатско-Тихоокеанский регион), в том числе морской туризм

Как видно из табл. 1, многие приоритетные виды деятельности уже существуют в регионе, причем они имеют благоприятные условия для дальнейшего развития. Другие приоритетные виды деятельности необходимо формировать с нуля.

Все указанные приоритеты на основе вышеприведенной схемы оценок были «развернуты» нами на нижние уровни пространственного развития (отдельные субъекты, районы, поселения). В табл. 2 в качестве примера приведены приоритетные направления и виды деятельности в Приморском крае.

Первичные элементы пространственного развития закладываются на уровнях с минимальными обобщениями собственного пространства: групп населения, форм их жизнедеятельности, реализации конкретных видов деятельности на отдельных предприятиях и т.д. В целом это уровень отдельных поселений. До данного пространственного уровня должны доводиться все основные, в т.ч. прогнозные, оценки развития в виде количественно-качественных приращений в пространственных структурах. До уровня отдельных поселений (особенно городского типа) необходимо определять и приоритетные виды деятельности. С учетом национальных интересов страны в развитии региона и основных целей такие оценки следует начинать с уровня макрорегиона в целом, т.е. в отношении территории ДФО и прилегающей 200-мильной морской акватории. На этом уровне целесообразно сформулировать долгосрочные приоритеты как уже существующие, так и те, которые целесообразно создавать с нуля, дать их развертку по субъектам, а также показать прогнозные количественно-качественные приращения для каждого субъекта. На следующем уровне субъектов важна оценка трудовых, природных, инфраструктурных, инвестиционных и прочих ресурсов, необходимых для развития региона. Затем все эти оценки, в т.ч. приоритеты, следует детализировать на уровне дробных районов и поселений и увязать их в структурах ТСЭС. На этих пространственных уровнях важно выделение и оценка территориальных природно-ресурсных сочетаний и систем в пределах определенных компактных территорий. Здесь же определяются и оцениваются как существующие, так и прогнозные территориальные структуры природопользования.

В Дальневосточном макрорегионе в целом нами выделено несколько зон с различными сочетаниями факторов и ограничений долгосрочного действия: географическое и

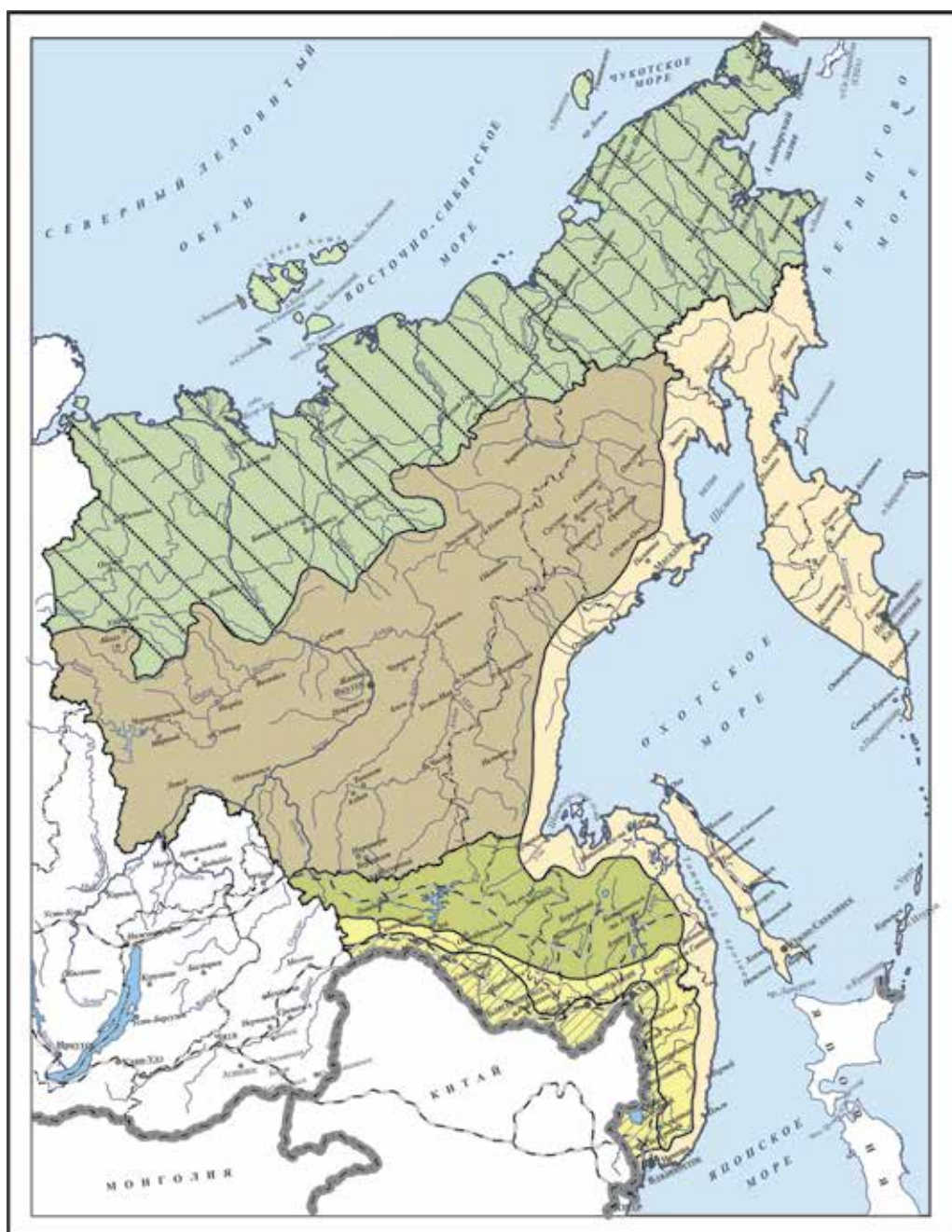
Приоритетные виды деятельности в Приморском крае

Приоритетные направления	Приоритетные виды деятельности
Морехозяйственная отрасль	Добыча рыбы и морепродуктов; марикультура; глубокая переработка рыбы, морепродуктов (в том числе отходов производства); судостроение (крупные суда ледового класса, ледоколы, танкеры, рыболовные траулеры); судоремонт; производство подводных роботов многоцелевого назначения; производство инновационного оборудования для марикультуры; морской транспорт (порты, компании, обслуживание)
Развитие Северного морского пути	Развитие важнейших опорных баз, компаний, их обслуживание
Транспортное машиностроение	Авиастроение (вертолеты многоцелевого назначения, другие летательные аппараты, в т.ч. автономные)
Фармацевтические производства	Производство лекарственных веществ из ресурсов Мирового океана и лесных ресурсов; производство биодобавок и других стимулирующих веществ
Лесопромышленная отрасль	Заготовка древесины (в ограниченных объемах) и ее глубокая переработка; глубокая переработка низкосортной древесины; активное лесовосстановление
Горнодобывающая промышленность	Добыча и комплексная переработка руд цветных металлов, полиметаллов, химического сырья
Научно-образовательный кластер	Подготовка кадров для приоритетных видов деятельности; проведение научных исследований, ориентированных на комплексное изучение океана, эффективное устойчивое развитие региона; создание технопарков, инновационных площадок и т.п.
Туризм	Внутренний (морской, круизный, экологический) и международный (экологический, морской, исторический, научно-познавательный и др.) туризм

экономико-географическое положение, в том числе выходы к морскому побережью и государственной границе, наличие сочетаний природных ресурсов суши и моря, уровень развития транспортных коммуникаций, сходство и степень благоприятности природно-климатических условий. На этой основе выделены Приморская тихоокеанская зона, включая Сахалин и Камчатку, Арктическая, Южная приграничная, в том числе Приамурская, зона Транссиба, БАМа и Континентальная (рис. 1).

Наиболее благоприятные условия развития имеют ареалы пересечений разных зон: Приморской Тихоокеанской и Южной приграничной, Южной приграничной и зоны Транссиба, зоны Транссиба и БАМа. В каждой из этих зон должна реализовываться специфическая региональная политика и организован мониторинг регионального природопользования и развития.

С учетом целого ряда факторов (существенные социально-экономические различия, разное пространственное тяготение территорий и др.) считаем целесообразным скорректировать некоторые участки административно-территориальных границ на уровне



- | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------------------|
|  | Арктическая зона |  | Приморская Тихоокеанская зона |
|  | Континентальная зона |  | Зона влияния Трансиба |
|  | Зона влияния БАМа |  | Южная приграничная зона |

Рис. 1. Зонирование Дальневосточного региона по основным факторам и ограничениям долгосрочного развития

субъектов – Чукотского АО и Камчатского края, Магаданской области, Хабаровского края и Еврейской АО (рис. 2).

1. Объединение наиболее удаленного и малолюдного субъекта РФ – Чукотского автономного округа (49,7 тыс. чел.) – с Камчатским краем (314,7 тыс. чел.) целесообразно по следующим основаниям:

– оба региона обладают сходным географическим положением на крайнем Северо-Востоке страны: расположены на пути из Тихого океана в Северный ледовитый (и обратно) и соседствуют с крупнейшей в экономическом и военном отношении страной мира – США. В этой связи они в равной мере выполняют важнейшую геополитическую функцию – обеспечение национальной безопасности России на ее северо-восточных рубежах;

– малолюдность Чукотского автономного округа и ограниченный набор хозяйственных функций осложняет выполнение субъектом важной функции «демографического контроля над собственными территориями». При объединении Чукотского автономного округа с Камчатским краем их общий социально-экономический потенциал станет выше;

– однотипность существующих и перспективных хозяйственных функций, сходство специализаций, хозяйственных структур (добыча минерального сырья, морехозяйственная деятельность, развитие функций опорных баз Северного морского пути и «северного завоза», оборонные функции).

2. Считаю также целесообразным присоединение к Магаданской области двух самых северных, огромных по площади муниципальных районов Хабаровского края – Охотского (6372 чел., площадь – 158 989 км²) и Аяно-Майского (1911 чел., площадь – 167 228 км²).

Рассматриваемые территории – Магаданская область и указанные районы Хабаровского края – однотипны по природно-климатическим условиям, расположены в бассейне важнейшего для страны рыболовства Охотского моря и имеют сходные хозяйственные функции – преимущественно ресурсодобывающие (добыча драгоценных и цветных металлов) и морехозяйственные. В перспективе эти виды деятельности для рассматриваемых территорий останутся приоритетными.

Обе территории не имеют железных и качественных автомобильных дорог. Охотское море для них является важной транспортной коммуникацией для связей этих регионов между собой и другими регионами. В обозримой перспективе (до постройки железной дороги вдоль морского побережья, см. рис. 2) морские пути останутся важнейшими транспортными коммуникациями для этих приохотских территорий.

Охотский и Аяно-Майский районы Хабаровского края расположены на значительном расстоянии от краевого центра (расстояние от Хабаровска до пос. Охотск – 1320 км). Большинство поселений края не имеют надежной наземной транспортной связи с этими районами. В то же время расстояние от Магадана до пос. Охотск в 3 раза меньше – 430 км.

3. Экономически эффективным, на наш взгляд, могло бы стать и объединение небольшой по площади (36,3 тыс. км²) и населению (162 тыс. чел.) Еврейской автономной области с Хабаровским краем. Несмотря на некоторые положительные тенденции в социально-экономическом развитии, Еврейская АО в последние годы остается субъектом с малым экономическим потенциалом (46,9 млрд руб., или 0,1 % от ВВП России). В то же время имеются значительные социально-экономические связи области с Хабаровским краем. Объединение субъектов позволит увеличить как их социально-экономический, так и научно-образовательный потенциал и будет способствовать большей эффективности внешнеэкономических связей с соседними регионами Китая.

Для поддержания и развития национальных культур в Анадыре и Биробиджане необходимо сохранить структуры национально-культурных центров.

С учетом того, что Владивосток становится крупным центром международного сотрудничества РФ со странами АТР и в этой связи выполняет значительные геополитические функции, развитию этого города необходимо посвятить отдельный раздел Программы, как, возможно, и г. Хабаровск.

В последние десять лет в инфраструктуру Владивостока вложены большие инвестиции. Существенные импульсы развития город получил в связи с подготовкой саммита

АТЭС в 2012 г., регулярным проведением здесь крупных международных форумов, а также в связи с переносом во Владивосток столицы ДФО. В целом в административном центре Приморского края сконцентрирован большой научно-образовательный потенциал (около 15 НИИ ДВО РАН, ДВФУ, Морской государственный университет, ВГУЭС, ряд других НИИ и вузов), являющийся предпосылкой инновационного развития. В пригороде Владивостока начинает формироваться крупная многоотраслевая ТОСЭР (территория опережающего социально-экономического развития) «Надеждинская», что создает предпосылки существенного прироста социально-экономического потенциала Владивостока и его агломерации. Владивосток, учитывая его стратегическое положение, в перспективе может претендовать на статус города федерального подчинения (предложение Ю.А. Авдеева [1]).

Предложения по использованию в реализации национальной Программы новых инструментов регионального развития

1. Создание и развитие на Дальнем Востоке ТОСЭР при жестком отборе резидентов в соответствии с определенными для них приоритетами [2, 5]. Целесообразно увеличить их число до 3–8 в каждом субъекте с охватом территорий (и акваторий), наиболее перспективных для реализации основных приоритетов хозяйственной деятельности, прежде всего в сфере углубленной переработки природных ресурсов и освоения океана. Возможно формирование ТОСЭР регионального уровня, с некоторыми преференциями, установленными местными властями. Большие перспективы для приморских территорий имеет и использование статуса свободного порта.

2. Стимулирование государственно-частного партнерства при инвестировании в приоритетные проекты.

3. Широкое развитие народных предприятий (на основе коллективной, народной собственности) с распределением акций среди работников данного предприятия. Это поможет существенно повысить «привязанность» работающих к предприятию, компании и, следовательно, – к региону.

4. Регистрация предприятий, компаний, их отделений только по месту их фактического размещения и функционирования с уплатой налогов и платежей в местные бюджеты.

5. Для каждого поселения необходимо разработать перспективную структурно-функциональную пространственную модель оптимального поселения. В ее основе – сочетание эффективных видов деятельности, а также необходимые и достаточные объемы ресурсов: трудовых, природных, финансовых, инфраструктурных. Для модельного поселения с его территориально-акваториальным окружением должны быть рассчитаны и рациональные звенья природопользования, а в целом – вариант рациональной территориальной организации, соответствующей определенным критериям, в т.ч. эстетическим. Если для какого-то особо малого поселения невозможно определить приоритетные виды деятельности, то оно может быть признано неперспективным, а население подлежащим переселению в другие поселки.

6. Для поселения и его природно-ресурсного окружения (на основе количественных параметров) разрабатывается цифровая модель управления процессом приближения структуры реального, существующего поселения к его оптимальной модели.

7. В перспективе считаем необходимым укрупнение муниципальных районов с целью увеличения их собственного потенциала и совершенствования территориального управления (для Приморского края такие предложения уже готовы).

8. При реализации Программы для обеспечения эффективной территориальной организации на низовых уровнях и повышения эколого-экономической эффективности пространственного развития считаем необходимым выполнить детальные оценки существующих и перспективных видов природопользования в субъектах РФ до уровня районов.

Особенно важны оценки трансформации природопользования в прибрежно-морских зонах, где экосистемы наиболее чувствительны к техногенным воздействиям и в то же время обладают большим ресурсным потенциалом.

9. Несмотря на важность и своевременность многих принятых мер по развитию демографического потенциала и повышению привлекательности Дальневосточного региона из ряда территорий продолжается отток населения. В связи с этим предлагаем более радикальные меры:

– освобождение от НДФЛ граждан, получающих зарплату до 25 тыс. руб. в месяц;
– выдачу льготных ипотечных кредитов на строительство жилья без первого взноса молодым семьям и переселенцам из других регионов и стран. Для этих целей предусмотреть строительство во всех субъектах региона недорогого социального жилья в необходимых объемах;

– бесплатное образование в вузах региона по приоритетным для региона специальностям с обязательством после окончания вуза отработать от 5 до 10 лет в Дальневосточном регионе по выбранной специальности.

Отдельные предложения нуждаются в более детальной проработке, однако их реализация, по нашему мнению, может стать существенным фактором устойчивого развития макрорегиона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев Ю.А. Национальная программа развития Дальнего Востока – перспектива России // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории: сб. науч. статей VII науч.-практ. конф. «Геосистемы Северо-Восточной Азии». Владивосток: Тихоокеан. ин-т географии ДВО РАН, 2019. С. 6–13.

2. Бакланов П.Я. О некоторых предложениях в национальную программу развития Дальнего Востока России // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории: сб. науч. статей VII науч.-практ. конф. «Геосистемы Северо-Восточной Азии». Владивосток: Тихоокеан. ин-т географии ДВО РАН, 2019. С. 18–24.

3. Бакланов П.Я. Территориальные социально-экономические системы в региональном развитии // Изв. РАН. Серия геогр. 2017. № 4. С. 7–16.

4. Бакланов П.Я., Мошков А.В., Романов М.Т. Тихоокеанская Россия: основные факторы и направления долгосрочного развития // Проблемы регионального развития России / отв. ред. В.М. Котляков, В.Н. Стрелецкий, О.Б. Глезер, С.Г. Сафронов. М.: Изд. дом «Кодекс», 2016. С. 595–618. (Вопр. географии; № 141).

5. Волков П.М., Боярко Д.В., Сачков Е.А., Скорик А.О., Гарин Д.В. Дальний Восток – шаг вперед. Владивосток: ДВО РАН, 2018. 111 с.

6. Мир Арктики: в 3 т. Т. 1. Возможности и ограничения / под ред. В.А. Крюкова, А.К. Криворотова. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2018. 338 с.

7. Синтез научно-технических и экономических прогнозов. Тихоокеанская Россия 2050 / под ред. П.А. Минакира, В.И. Сергиенко. Владивосток: Дальнаука, 2011. 912 с.

8. Тихоокеанская Россия в интеграционном пространстве Северной Пацифики в начале XXI века / под ред. В.Л. Ларина. Владивосток, 2017. 386 с.

9. Тихоокеанская Россия: страницы прошлого, настоящего, будущего / под ред. П.Я. Бакланова. Владивосток: Дальнаука, 2012. 406 с.

10. Штыров В.А. Крайний Север и Дальний Восток России. Проблемы стратегии развития. М.: Русский Мирь, 2019. 1040 с.

Г.П. СКРЫЛЬНИК

Место и роль взаимодействий природных факторов и процессов в организации геосистем и создании устойчивого развития регионов (на примере Дальнего Востока)

Рассмотрены основные типы взаимодействий природных факторов и процессов. Отмечается, что уровень организации геосистем Земли соответствует четырем основным иерархическим уровням: глобальному, континентальному, региональному, локальному (или топологическому). Показано, что в рамках этих уровней взаимодействия факторов и процессов на Дальнем Востоке существенно различаются. Эта специфика наиболее ярко проявляется в масштабной иерархии природных явлений и объектов. С ней связана и динамика основных типов ландшафтогенеза: гигротермического, ксеротермического, гигрокриосного и ксерокриосного. При этом природная среда на протяжении всей эволюции испытывала эффект различных по интенсивности взаимодействий (типичных; экстремальных – критических и кризисных; катастрофических), в совокупности формирующих общую тенденцию развития.

Ключевые слова: взаимодействия, устойчивость, геосистемы, уровни организации, развитие, рациональное природопользование, Дальний Восток.

The place and role of natural factors and processes interactions in the organization of geosystems and creation sustainable development of the regions (by the example of the Far East Region). G.P. SKRYLNIK (Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok).

Basic types of interaction between natural factors and processes have been considered. In the course of the pursuing a goal, an emergence of the level organization of the Earth geosystems equivalent in specificity to 4 basic hierarchical levels (global, continental, regional and local or topological) was confirmed and traced. It was demonstrated that, within the framework of these levels, the interactions between the factors and processes in the Far East are essentially different. This specificity is clearly manifested in the large-scale hierarchy of natural phenomena and objects. The dynamics of basic types of the landscape genesis (hygro-thermos, xero-thermos, hygro-cryos and xero-cryos) is also related to it. At that, the environment, during all evolution, was subjected to the effect of different in intensity interactions (typical; extreme - critical and crisis; catastrophic) which have outlined totally the general trend of development.

Key words: interactions, sustainability, geosystems, levels of organization, development, sustainable nature management, Far East.

Введение

В статье исследованы основные типы взаимодействий природных факторов и процессов [3, 4, 15]. Арена и результаты этих взаимодействий на территории Дальнего Востока отличаются неповторимостью, поэтому их изучение является актуальным для региона.

СКРЫЛЬНИК Геннадий Петрович – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток). E-mail: skrylnik@tigdvo.ru

Устойчивое развитие геосистем в общем плане можно прогнозировать, а его естественный ход вполне можно улучшить или подкорректировать. Так, до появления человеческого фактора устойчивое развитие конкретных геосистем на общем фоне эволюции географической оболочки Земли создавалось действием только типичных процессов и разрушалось под влиянием аномальных факторов и процессов. В настоящее время, когда естественные природные и антропогенные факторы и процессы «уравновесились», в корректировке устойчивого развития в равной степени участвуют обе группы факторов и процессов. При этом в целях рационального природопользования воздействие этих групп факторов и процессов должно обеспечивать сохранение эффектов типичных и критических взаимодействий, минимизацию кризисных и исключение катастрофических влияний.

Цель настоящей работы – на основе литературных источников, комплексных разработок и материалов собственных наблюдений автора оценить пространственно-временную дифференциацию взаимодействий природных факторов и процессов на Дальнем Востоке.

В природе встречаются самые разнообразные типы взаимодействий факторов и процессов (факторы – причины и движущие силы, процессы – последовательная смена явлений и состояний в развитии объектов), но круг основных из них объективно ограничен. Так, в физике основными являются фундаментальные взаимодействия элементарных частиц

Таблица 1

Взаимодействия факторов и процессов в рамках географической оболочки (составлено автором, 2004 г.)

№ п/п	Взаимодействие (тип)	Причинные связи, проявления и следствия
1	Гравитационное	Универсальное – самостоятельное и как дополнительно присутствующее при всех остальных типах взаимодействий; протекает под влиянием силы тяжести, имеет характер притяжения; всегда участвует в организации геосистем
2	Геофизическое	Осуществляется вследствие термо-, гидро- и барических градиентов; сопровождается механическим дроблением и структурированием вещества без изменения его минералогического состава. Ответственно за «жесткие» внутри-, межкомпонентные и межсистемные связи, обеспечивающие устойчивость геосистем
3	Геохимическое (включая биотическую составляющую)	Проходит с участием химических реакций, приводящих к глубоким преобразованиям вещества – тонкому измельчению, тонкому структурированию и минералогическому изменению. Биотическая составляющая обеспечивает усвоение солнечной энергии с целью продуцирования и накопления биовеществ. Отвечает за обретение геосистемами свойств пластичности, что смягчает воздействия и повышает общую их устойчивость; в итоге время релаксации геосистем в новых условиях сокращается
4	Антропогенное	Проявляется не только в сложных трансформациях естественных видов энергии и вещества, но и в порождении и направленно возрастающем включении в естественный теплообмен Земли «чуждых» ей видов энергии и техновеществ в результате хозяйственной деятельности человека. В целом снижает порог устойчивости естественных геосистем, формируя экологические риски; нарушает ритмы и циклы эволюционно устойчивого развития, на кризисных уровнях вызывая техногенные катастрофы
5	Геоинформационное	Сопровождает вышеперечисленные взаимодействия; запечатлевается в «структурной памяти» рельефа и стратификации вещества; специфически реализуется в организации новообразованных структур

Таблица 2

Общие характеристики организации геосистем Земли (составлено автором, 2003 г.)

Геосистемы и подсистемы	Геоморфосистемы и подсистемы	Ведущие факторы, процессы и условия	Уровни организации	Типы организации	Процессы (по вкладу)	«Эффекты» самоорганизации	Тренды устойчивости геосистем
Географическая оболочка	Геоморфосфера	Космо- и эндогенные	Глобальный	Биогеофизический	Типичные и критические с участием кризисных и отчасти катастрофических	Возникновение и развитие биосферы, природно-климатических поясов	Устойчивость геосистем возрастает снизу вверх (в направлении провинции–матрики–географическая оболочка)
Материки и океаны	Морфотектуры (планетарные формы)	Эндо- и космогенные с заметным участием антропогенных	Континентально-океанический	Зональный	Типичные и критические с участием кризисных	Континентальные и океанические типы зональности, атмосферной циркуляции, океанических течений	
Провинции (сектора)	Морфоструктуры и морфоскульптуры (мега- и макроформы)	Эндо-, экзо- и антропогенные	Региональный	Бассейновый	Типичные с участием критических	Системы эрозии и асимметрии склонов, кольцевые структуры и др.	
Районы (ландшафты, фации)	Морфоскульптуры (мезо-, микро- и наноформы)	Экзо- и антропогенные	Локальный	Топологический: растительность, почвы, рельеф	Типичные	Меандрирование рек, полигональные формы и др.	

четырёх типов – сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное. В географии при изучении комплексной физико-географической оболочки (КФГО) такого четкого обособления не проводится, но, исходя из накопленного опыта в естествознании, мы можем выделить следующие пять типов: гравитационное, геофизическое, геохимическое (включая биотическую составляющую), антропогенное и геоинформационное (табл. 1).

В исследовании использовались сравнительно-географический и информационный методы. При этом учитывалось, что сквозное взаимопроникновение и взаимодействие подсистем КФГО (лито-, атмо-, гидро-, педо-, фито- и зоосферы) выражаются в обмене веществом, энергией и информацией [7, 14]. Предметно это показано в более ранних работах автора.

КФГО и ее системные компоненты на протяжении всей эволюции испытывали сложное воздействие различных факторов и процессов (типичных; экстремальных – критических и кризисных; катастрофических), формирующих общую тенденцию развития геосистем. В настоящее время КФГО развивается под управлением естественных и антропогенных факторов (сил) [2, 5, 8, 14]. Сегодня системоформирующие антропогенные факторы и процессы стали принципиально равнозначными эндогенным и экзогенным. По многолетним наблюдениям автора, антропогенная ландшафтная эволюция Дальнего Востока протекает на всех уровнях и проявляется в той или иной степени в их аридизации и криотизации.

КФГО и ее составляющие сформировались в ходе сложного пространственно-временного комплексирования всех перечисленных в табл. 1 типов взаимодействий и разнопланового сочетания результатов взаимодействий факторов и процессов (космических, экзогенных, эндогенных, антропогенных), сопровождавшихся соответствующим межобъектным обменом вещества, энергии и информации. Из-за причинной связи «действие–противодействие» такой обмен является двухвекторным, он создает количественно соизмеримые, но качественно противоположные системоформирующие потоки – конструктивный и деструктивный. Динамическое взаимодействие двух потоков вещества, энергии и информации противоположной направленности предопределяет формирование, развитие и саморегулирование геосистем и тем самым обуславливает их спонтанное стремление к состоянию динамического равновесия [7].

Для арены и результатов взаимодействий факторов и процессов характерна пространственно-временная дифференциация, обусловившая возникновение четырехуровневой организации КФГО. Как отмечалось в ранних публикациях автора, эта специфика соответствует основным иерархическим уровням – глобальному, континентальному, региональному и локальному, или топологическому (табл. 2). В рамках этих уровней взаимодействия факторов и процессов существенно различаются. Это наиболее ярко проявляется в масштабной иерархии природных явлений и объектов (например, в рельефе соответствующей размерности: мега-, мега- и макро-, макро- и мезо-, мезо- и микроформах).

Результаты исследования и их обсуждение

В наших комплексных разработках представлены как общие сведения из литературных источников (раздел А), так и материалы тематических наблюдений автора (раздел Б).

А. Физико-географические процессы. Это основные системоформирующие процессы КФГО. Их энергетической базой служит естественно складывающееся соотношение тепла и влаги на конкретном ветровом фоне. В рамках КФГО им присущи характерные колебания, наиболее ярко прослеживающиеся на основных уровнях:

периодические – на глобальном; циклические – на континентальном; ритмические – на региональном; сезонные и погодные – на топологическом. Более сложная картина наблюдается по трансграничным уровням (контактным подсистемам), обладающим пластичностью и выполняющим разделительно-барьерную, а в случае антропогенного воздействия

на геосистемы – буферную стабилизирующую функцию. Как отмечалось выше, КФГО, и в частности геоморфосфера, на протяжении всей эволюции испытывала эффект различных по интенсивности взаимодействий факторов и процессов, в совокупности формирующих общую тенденцию развития и устойчивость геосистем (табл. 2). Определенные взаимоотношения пространства и времени в проявляющихся взаимосвязях устойчивости и устойчивого развития геосистем показаны на рис. 1.



Рис. 1. Принципиальная схема динамических соотношений пространства-времени, типов развития, устойчивости и устойчивого развития геосистем (составлено автором, 2004 г.)

С изменением взаимодействий факторов и процессов связана динамика основных типов ландшафтогенеза: гигротермического, ксеротермического, гигрокриосного и ксерокриосного. Более того, в каждом регионе Земли история развития природы, энергетически контролируемого конкретным соотношением тепла и влаги, отражалась в метакронности всех региональных событий.

В многообразии облика и внутреннего единства (в частности, в четырехуровневой организации) КФГО проявляются результаты периодических, циклических и ритмических колебаний развития (долгопериодных), включая динамику (среднепериодные) и функционирование (современные процессы эндо-, экзо- и антроподинамики) в различные времена. Эти процессы и факторы предопределили направленное развитие КФГО, сопровождавшееся во времени упорядоченностью и усложнением ее организации с элементами самоорганизации.

Особенности организации (структуры и функционирования) геосистем в различных регионах Земли отличаются многообразием. Например, в пределах российского Дальнего Востока они определяются:

а) географическим положением на гидродинамически напряженной границе двух величайших физико-географических структур – Евразии и Тихого океана, большей своей частью в самой активной полосе их противоречивого взаимодействия;

б) связанной с этим очень высокой изменчивостью в пространстве и во времени не только самих биогенных и абиогенных составляющих и их соотношений, но и, что особенно важно, результатов многопланового взаимодействия косного и живого в геосистемах региона [12].

Устойчивость геосистем на всех уровнях КФГО формируется в результате конкретных взаимодействий факторов и процессов и во многом предопределяется многоплановым участием в строении КФГО различного вещества (живого, косного, техногенного в трех агрегатных состояниях). Поэтому устойчивость общих геосистем является результирующей сложного комплексирования компонентных систем (геоморфологических,

почвенных, гидроклиматических, мерзлотных, фито- и зооценотических и т.д.) и иерархически разных геосистем (фаций, урочищ, ландшафтов, районов, провинций, зон, поясов). При этом наибольший вклад в формирование устойчивости любой геосистемы вносит соответствующая геоморфологическая система (рельеф и рельефообразующие лито-, хионо- и биосубстраты) вследствие ее консервативности и заметно меньший – фитоценотическая система из-за ее повышенной пластичности. Следовательно, от устойчивости геосистем во многом зависит устойчивость КФГО, а также устойчивое развитие территории [10, 12].

Естественные и (или) антропогенные воздействия в зависимости от вида (фактор, процесс, условия), формы (прямого или опосредованного), масштаба (площадного, линейного или точечного) и кратности (единичного, многократного или постоянного) по-разному влияют на устойчивость геосистем [12]. При этом особую важность здесь имеют морфометрические показатели и характеристики вещественно-энергетических потоков, которые являются основой выделения пороговых значений, фиксирующих различные стадии функционирования и динамики, а следовательно, и устойчивости (как частного случая изменчивости) геосистем [10].

На протяжении значительного отрезка истории Земли (последние 4,5 млрд лет) характер взаимодействий факторов и процессов направленно усложнялся и поэтапно изменялся. Основными вехами на этом пути в КФГО стали появление живого вещества и связывание им (вплоть до захоронения) аккумулируемой солнечной энергии, антропогенное изменение «деятельной» поверхности Земли, техногенное (вещественное и тепловое) загрязнение атмосферы и других компонентных оболочек, а в ноосфере – создание искусственных биосистем [14, 18].

Б. Региональные особенности взаимодействий естественных и антропогенных факторов и процессов (в том числе и аномальных). Основные региональные особенности взаимодействий факторов и процессов были изучены автором в ходе натуральных исследований. Установлены особенности, описанные ниже.

1. Исследование взаимодействий климатических изменений (в частности, усиление зимней континентальности, по наблюдениям автора) на фоне направленного глобального похолодания климата [17] и возникающей при этом реакции вечномерзлых пород на восточном мегабереге Охотского моря и восточном макросклоне Сихотэ-Алиня (по наблюдениям автора 1977 и 2000 гг. соответственно) выявило «возрождение» реликтовых курумов. На пожарищах «возрождение» древних курумов активизируется. В целом это указывает на аридизацию и ксеротизацию ландшафтов.

2. Особое место в специфическом проявлении взаимодействий склоновых процессов занимают лавины (рис. 2, 3).



Рис. 2. Лавинный «прочес» растительности лесного пояса; внизу – лавинный конус выноса (хр. Ям-Алинь, истоки р. Селиткан, 1989 г.). Фото автора

Рис. 3. Правый борт долины, принявший удар лавины (хр. Ям-Алинь, истоки р. Селиткан, 1989 г.). Фото автора



3. Изучение своеобразия взаимодействий в системе «наледи как формы малого оледенения и озерные льды» вскрыло различные направления (сверху–снизу) и скорости разрушения этих мерзлотных образований на Чукотке и в Приморье. На Чукотке разрушение наледей идет прерывисто во времени и только сверху, а озерных льдов – и сверху, и снизу. В Приморье стаивание наледей и озерных льдов происходит и сверху, и снизу [11]. В антропогенных обстановках интенсивность рассматриваемых процессов заметно возрастает.

4. Исследования взаимодействий в системе «климатические колебания и вечномёрзлые породы» на Чукотке, в Приамурье и Приморье выявило региональную специфику термокарста (рис. 4–6) как фактора разрушения и созидания в развитии геосистем [13].

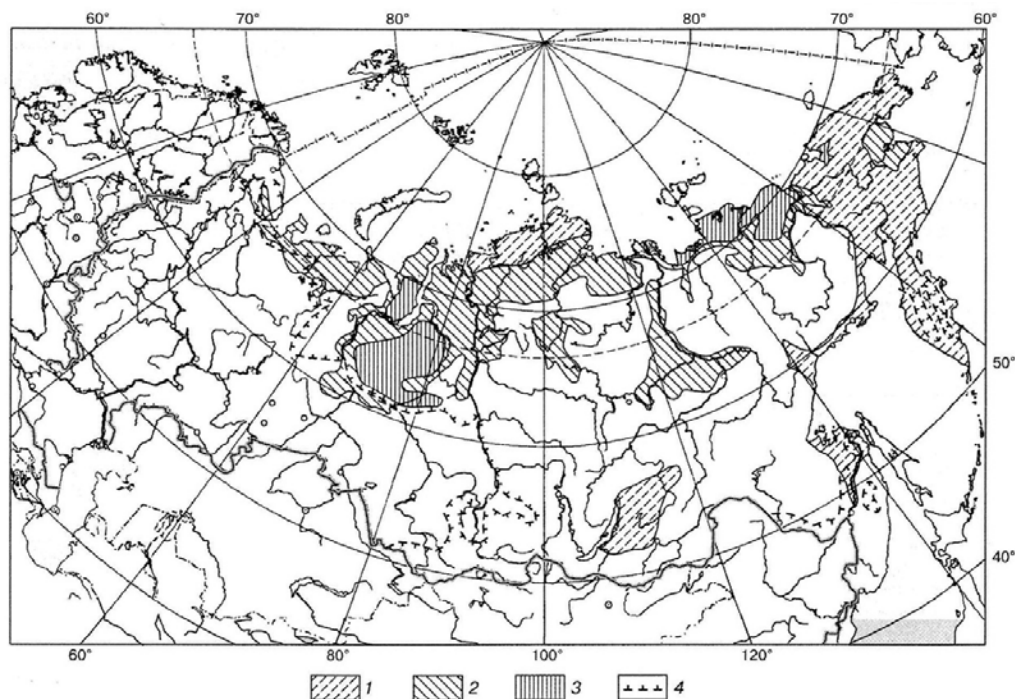


Рис. 4. Районы распространения термокарстовых озер на территории России [13]:
1 – малых, 2 – малых и средних, 3 – средних и крупных, 4 – южная граница криолитозоны



Рис. 5. Термокарстовые деформации нижней части склона в окрестностях пос. Лаврентия. Фото А.А. Галанина

На Чукотке прослеживаются противоречивое соседство и контрастное чередование талых и мерзлых пород, а также сильные тренды повышения летних температур воздуха, из-за чего территория Чукотки попадает в область высокого метеогеокриологического риска. Здесь наблюдается полный набор криогенных процессов и явлений в организации восходящего и нисходящего развития вечной мерзлоты (рис. 5). На территории Приморья, расположенного на крайнем юге распространения редкоостровной и высокотемпературной (0–0,5 °С) вечной мерзлоты, последняя присутствует в основном только в верховьях речных долин и на горных участках хр. Сихотэ-Алинь. Площади термокарста здесь ограничены и в территориальном плане закономерно рассредоточены. Термокарст



Рис. 6. Площадь термокарстового проседания, возникшего на участке после сильного низового пожара, занятая «пьяным» лесом (урочище Килоу, бассейн р. Бикин). Фото А.М. Короткого

на местности проявляется в виде многочисленных просадок, мелких котловин и крайне редко – термокарстовых озерков. На месте бугров пучения возникают западины и воронки, чаще заполненные водой, на месте разрушенных многолетних бугров пучения – озера, а в пределах единичных участков термокарстового проседания формируется «пьяный» лес (рис. 6). Площади термокарста в настоящее время сокращаются, в меньшей степени на Чукотке, в большей – в Приохотье, Приамурье и Приморье. Во всех этих регионах антропогенные факторы привносят в развитие геосистем разрушительную составляющую, в результате чего термокарст резко активизируется.

Исследования комплекса естественных и антропогенных факторов и процессов, сложно взаимодействующих между собой, позволили проследить возникновение и распространение аномальных явлений по территории Дальнего Востока (от Чукотки до Приморья) [9].

Природные факторы и процессы могут выступать как нелинейные системы, и тогда в неустойчивых обстановках они изменяются даже от несущественных воздействий. Такие их состояния в настоящее время еще плохо изучены [16]. По этой причине геоэкологические прогнозы не всегда имеют достаточную обоснованность и, как следствие, характеризуются невысоким процентом оправданности.

Заключение

На примере районов Дальнего Востока рассмотрены пространственно-временная дифференциация взаимодействий естественных и антропогенных факторов и процессов, а также их роль в организации геосистем и создании устойчивого развития. Проявления таких взаимодействий в Дальневосточном регионе существенно разнятся. Эта специфика наиболее ярко прослеживается в масштабной иерархии природных явлений и объектов. С ней связана и динамика основных типов ландшафтогенеза: гигротермического, ксеротермического, гигрокриосного и ксерокриосного.

Основные региональные особенности взаимодействий факторов и процессов на Дальнем Востоке, выявленные в ходе натурных исследований автора, следующие:

1) «возрождение» реликтовых курумов на восточном мегабереге Охотского моря и восточном макросклоне Сихотэ-Алиня (с активизацией их на пожарищах) на фоне направленного глобального похолодания климата [17] и усиления зимней континентальности [12]. Это свидетельство аридизации и ксеротизации ландшафтов;

2) своеобразие взаимодействий в системе «наледь как формы малого оледенения и озерные льды» на Чукотке и в Приморье, проявляющееся в различных направлениях стаивания (сверху–снизу) и скоростях разрушения этих мерзлотных образований [11]. На Чукотке разрушение наледей идет прерывисто во времени и только сверху, а озерных льдов – и сверху, и снизу. В Приморье стаивание наледей и озерных льдов происходит и сверху, и снизу. В антропогенных обстановках интенсивность рассматриваемых процессов заметно возрастает;

3) региональная специфика термокарста как фактора разрушения и созидания в развитии геосистем [13]. На Чукотке, попадающей в область высокого метеогеоэкологического риска, наблюдается полный набор криогенных процессов и явлений в организации восходящего и нисходящего развития вечной мерзлоты. На территории Приморья, расположенного на крайнем юге распространения редкоостровной и высокотемпературной (0–0,5 °С) вечной мерзлоты, площади термокарста естественно ограничены. Здесь термокарст проявляется в виде многочисленных просадок, мелких котловин и крайне редко – термокарстовых озерков. Площади термокарста в настоящее время сокращаются, в меньшей степени на Чукотке и в большей – в Приохотье, Приамурье и Приморье. Во всех районах антропогенные факторы привносят в развитие геосистем возрастающую разрушительную составляющую термокарста;

4) возникновение и распространение аномальных явлений по территории Дальнего Востока (от Чукотки до Приморья) [9]. Природные факторы и процессы могут выступать как нелинейные системы, и тогда в неустойчивых обстановках они изменяются даже от незначительных воздействий [16]. Вот почему геоэкологические прогнозы не всегда имеют достаточную обоснованность и, как следствие, характеризуются невысоким процентом оправдываемости.

На протяжении значительного отрезка истории Земли характер взаимодействий факторов и процессов направленно усложнялся и поэтапно изменялся. Основными вехами на этом пути в КФГО стало появление живого вещества и «связывание» им (вплоть до захоронения) аккумулируемой солнечной энергии, антропогенное изменение «деятельной» поверхности Земли, техногенное (вещественное и тепловое) загрязнение атмосферы и других компонентных оболочек [1, 6].

Впервые выявленные в настоящей статье региональные особенности взаимодействий естественных и антропогенных факторов и процессов могут и должны быть использованы для минимизации и даже исключения их негативных эффектов в целях устойчивого развития геосистем на территории Дальнего Востока России.

Выбор стратегии рационального природопользования во всех рассмотренных районах должен быть всесторонне щадящим, а пространственно-временная нормализация природной среды должна учитывать существующие риски и обусловленные ими экологические ограничения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будыко М.И. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977. 328 с.
2. Быков В.Н., Максимович Н.Г., Казакевич С.В., Блинов С.М. Природные ресурсы и охрана окружающей среды: учеб. пособие. Пермь, 2001. 108 с.
3. Веснин В.Р. Менеджмент: учебник. М.: Изд-во «Проспект», 2009. 504 с.
4. Взаимодействие – базовая философская категория. – <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 13.10.2018).
5. Мазаева О.А., Козырева Е.А., Тржцинский Ю.Б. Оценка взаимодействия экзогенных процессов в локальных береговых геосистемах Братского водохранилища // География и природные ресурсы. 2006. № 3. С. 81–86. – www.izdatgeo.ru/pdf/gipr/2006-3/81.pdf (дата обращения: 10.10.2018).
6. Осипов В.И. Управление природными рисками // Вестн. РАН. 2002. Т. 72, № 8. С. 678–686.
7. Поздняков А.В. К теории спонтанной самоорганизации сложных структур // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Томск, 2008. С. 30–43.
8. Попа Ю.Н. Восстановление биогеоценозов в антропогенно-трансформированных экотопах в степной зоне. Киев: Нац. авиац. ун-т, 2011. 437 с.
9. Скрыльник Г.П. Аномальные природные процессы и явления российского Дальнего Востока // Успехи соврем. естествознания. 2018. № 10. С. 114–124.
10. Скрыльник Г.П., Сорокин П.С. Взаимодействия природных факторов и процессов в организации геосистем и устойчивое их развитие // Изв. Саратов. ун-та. Серия: Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 30–34.
11. Скрыльник Г.П. Наледи как особая форма малого оледенения и их роль в развитии геосистем Чукотки и Приморья // Успехи соврем. естествознания. 2018. № 9. С. 83–92.
12. Скрыльник Г.П. Роль специфических природных обстановок в трансформациях и устойчивости геосистем юга Дальнего Востока // Материалы XV совещ. географов Сибири и Дальнего Востока. Улан-Удэ, 10–13 сент. 2015 г. Улан-Удэ; Иркутск; Владивосток: Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 455–458.
13. Скрыльник Г.П. Термокауст как фактор разрушения и созидания в развитии геосистем юга Средней Сибири и Дальнего Востока // Успехи соврем. естествознания. 2018. № 11-2. С. 425–436.
14. Смольянинов В.М., Немыкин А.Я. Общее землеведение: литосфера, биосфера, географическая оболочка: учеб.-метод. пособие. Воронеж: Истоки, 2010. 193 с.
15. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. М.: Сов. энциклопедия, 1987. 1600 с.
16. Чупрынин В.И. Нелинейные явления в геосистемах. М.: Наука, 2008. 199 с.
17. Global atmosphere watch (GAW) – Global Atmosphere Watch Programme. – <https://public.wmo.int/.../programmes/global-atmosphere-watch-programme> (дата обращения: 16.06.2018).
18. Klimenko V.V., Tereshin A.G. World Energy and Climate in the Twenty-First Century in the Context of Historical Trends: Clear Constraints to the Future Growth // J. Global. Stud. 2010. Vol. 1, N 2. P. 27–40.

Л.И. МЕЗЕНЦЕВА, М.А. ГРИШИНА, И.И. КОНДРАТЬЕВ

Траектории и глубина циклонов, выходящих на территорию Приморского края

Проведено исследование активности различных типов циклонов, выходящих на Приморский край, для чего анализировались траектории их перемещения и глубина. Также исследовались траектории воздушных частиц в период, предшествующий выходу циклонов, вызвавших выпадение осадков. Для анализа циклонической деятельности создан архив с данными о положении и глубине циклонов за период 2002–2013 гг. для района, ограниченного 40° и 50° с.ш., 130° и 140° в.д., включающего территорию Приморского края и часть акватории Японского моря. В зависимости от мест формирования и траекторий перемещения выделено семь типов циклонов, для каждого из которых показана межгодовая и сезонная изменчивость их количества и глубины. Для анализа предыстории перемещения воздушных масс перед выходом циклонов, вызвавших осадки на территории Приморского края, создан архив карт с обратными траекториями воздушных частиц. Карты построены с использованием программы HYSPLIT. Для каждой траектории рассчитаны веса, зависящие от продолжительности пребывания воздушной частицы в каком-либо секторе. Весовые коэффициенты позволили проанализировать изменчивость переноса воздушных частиц с привязкой к основным типам циклонов. Созданные архивы и результаты планируется использовать при изучении химического состава осадков, связанного с происхождением (типом) циклонов.

Ключевые слова: циклоны, обратные траектории, глубина циклонов, сезонная изменчивость, Приморский край.

Trajectories and depth of cyclones entering Primorsky Krai. L.I. MEZENTSEVA, M.A. GRISHINA (Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Vladivostok), I.I. KONDRAT'EV (Pacific Institute of Geography, FEB RAS, Vladivostok).

To study activities of various types of cyclones entering Primorsky Krai we analyzed their movement trajectories and depth. Besides, we studied the trajectories of airborne particles for the period before arrival of cyclones, which resulted in precipitation. Dataset history for 2002–2013 was compiled to analyze cyclone activity and depth for the area between 40–50° N and 130–140° E, including the territory of Primorsky Krai and part of the water area of the Sea of Japan. Depending on their generation places and trajectories, seven cyclone types were singled out. Each of them has annual and seasonal dynamics depending on number and depth. Several maps showing back trajectories of airborne particles were compiled to analyze air mass movement in the cyclones that resulted in precipitations in Primorsky Krai. The maps were drawn using HYSPLIT software. Each trajectory is characterized by weight of particles depending on time when airborne particles concentrated in any of related sectors. Weight coefficients allowed analyzing variability of airborne particle transport depending on basic cyclone types. The datasets and survey results are planned to be used while analyzing chemical composition of precipitation depending on cyclone origin (types).

Key words: cyclones, back trajectories, cyclone depth, seasonal variability, Primorsky Krai.

МЕЗЕНЦЕВА Людмила Ивановна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ГРИШИНА Маргарита Анагольевна – младший научный сотрудник (Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ДВНИГМИ), Владивосток), *КОНДРАТЬЕВ Игорь Иванович – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: igor@tigdvo.ru

Муссонный тип климата Приморского края определяет крайне неравномерное распределение осадков в течение года – до 80 % их годовых сумм приходится на летний период. Наряду с чрезвычайно влажными бывают и засушливые годы. Среднее годовое количество осадков, зарегистрированных во Владивостоке с 1941 по 2010 г., изменялось от 1272 мм в 1974 г. до 510 мм в 1997 г. [5]. Важной особенностью летних климатических процессов является выход тайфунов на прибрежные территории, что влечет за собой сильные дожди и катастрофические наводнения [6]. Повторяемость тайфунов, выходящих на Японское море и юг Дальнего Востока, в среднем составляет 1–4 за сезон [2]. Но основная масса осадков выпадает в результате выхода циклонов внетропического происхождения и обострения фронтальных разделов, также могущих вызвать наводнения.

Циклоны, выходящие на территорию Приморского края, формируются в значительно различающихся физико-географических и климатических зонах. Наиболее типичными районами формирования циклонов являются Забайкалье, Монголия, Желтое море и прилегающие континентальные территории Китая, Южно-Китайское море и прилегающие акватории Тихого океана. Воздушные массы, вовлеченные в циркуляцию соответствующих типов циклонов, имеют характерные физические свойства, обусловленные очагами их формирования; это относится как к температуре и влажности, так и к газоаэрозольному составу. Состав примесей атмосферного воздуха, в свою очередь, определяет особенности химического состава осадков. Так, осадки континентальных циклонов с высокой долей вероятности будут обогащены частицами терригенного происхождения. Осадки, обусловленные циклонами морского происхождения, будут обогащены морскими солями. В осадках циклонов, зародившихся над антропогенно преобразованными территориями, могут присутствовать загрязняющие вещества [8].

В данной работе исследуются траектории перемещения и глубина циклонов, выходящих на территорию Приморского края, и траектории предшествующих их выходу воздушных движений. Интерес к этому вопросу обусловлен неблагоприятным комплексом погодных условий, который часто сопровождает выход циклонов. При этом появилась возможность оценить масштабы трансграничного переноса загрязняющих веществ в воздушных массах, вовлеченных в циркуляцию циклонов различных типов.

Пути и скорости перемещения циклонов над Восточной Сибирью и Дальним Востоком были исследованы В.Л. Архангельским более 50 лет тому назад [1], при этом Приморский край не выделялся как отдельная территория. Сведения о количестве циклонов и их глубине для Приморского края ранее не публиковались.

Из современных работ вызывает интерес публикация [9], где приведены результаты климатологического анализа некоторых параметров внетропических циклонов над обширным районом Восточной Азии от 20 до 70° с.ш. и от 60 до 160° в.д. Траектории циклонов, районы образования, интенсивность и продолжительность их жизни определены объективно с привлечением следующего алгоритма: выявление областей минимального давления на общем фоне атмосферного давления, расчет лапласиана давления для контроля интенсивности, расчет траекторий с привлечением ведущего потока и положения циклона на ± 1 шаг по времени. Исследования были проведены для изучения атмосферных процессов Восточного Китая и не отражают особенностей циклогенеза над Приморским краем и прилегающими к нему районами. Предложенный метод позволяет на 10–15 % увеличить число выявляемых циклонов, но в то же время сами авторы признают, что использованный алгоритм «просеивает» волновые и вторичные циклоны, в многоцентровой системе прослеживается лишь один центр [9].

Основной целью настоящей работы являлось исследование изменчивости числа и глубины циклонов разных типов, выходящих на территорию Приморского края, а также перемещения воздушных частиц, вовлеченных в циркуляцию этих циклонов. Полученные результаты могут быть использованы специалистами в области синоптической метеорологии, синоптической климатологии, экологами и другими специалистами.

Объекты и методы исследований

Исходным материалом для определения происхождения (по географическому признаку) и глубины циклонов послужили ежедневные приземные карты погоды за срок 00 UTC (ВКВ) отдела метеорологических прогнозов Приморского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). Все обобщения, относящиеся к глубине циклонов, ограничены данным сроком. Карты за другие синоптические сроки использовались для уточнения траекторий циклонов и их идентификации. Период выборки равен 12 годам, с января 2002 г. по декабрь 2013 г. Для построения обратных траекторий воздушных частиц использовалась программа HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model). Траектории строились для высот 0, 500 и 1500 м над поверхностью земли за срок 01 UTC за трое суток, предшествующих выходу циклона, т.е. прослеживался маршрут частиц за предыдущие 72 ч [3]. Траектории воздушных частиц за 2012 и 2013 гг. архивировались за каждые сутки, а за период с 2005 по 2011 г. – только за те сутки, когда регистрировались осадки на юге Приморского края.

Анализ траекторий циклонов проводился для района, ограниченного 40 и 50° с.ш. и 130 и 140° в.д., включающего территорию Приморского края и часть акватории Японского моря (рис. 1). Учитывались циклоны, очерченные хотя бы одной изобарой, в том числе частные и волновые, траектории центров которых пересекали границы выделенного района. Траектория прослеживалась минимум за 3 суток до и после пересечения границ выделенного района. Для всех циклонов фиксировались даты их пребывания в выделенном районе. Архив с данными о положении (координаты центра в целых градусах) и глубине (давление в центре в гектопаскалях) циклонов, вышедших в выделенный район, за каждые сутки указанного периода в срок 00 ВСВ был создан Д.Э. Мухой и Л.И. Мезенцевой.

Архив данных создавался по приземным картам, которые используются для краткосрочного регионального прогноза погоды в отделе метеорологических прогнозов Приморского УГМС. Попытки продлить период выборки с использованием карт сборной кинематики или полушарных карт, имеющих меньшее разрешение, приводили к потере однородности данных.

При создании архива каждому циклону присваивался уникальный номер и статус (тип). Статус циклона определялся траекторией его перемещения относительно выделенной

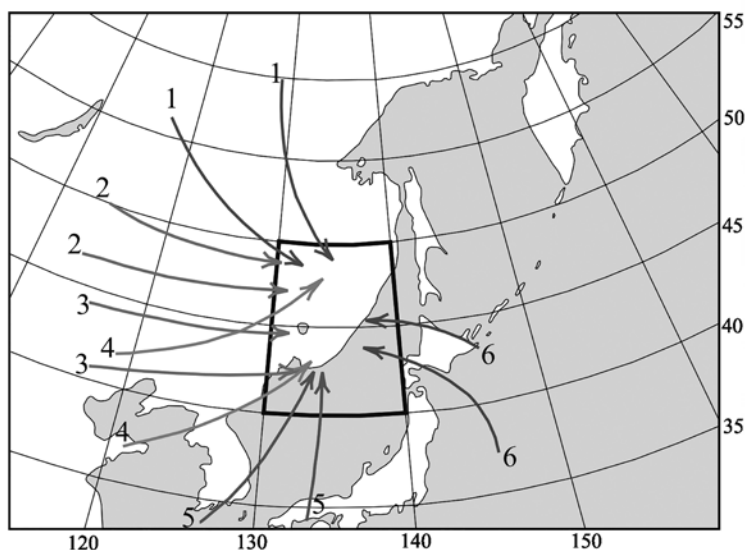


Рис. 1. Район исследования траекторий циклонов (1 – ныряющие, 2 – западные по северу, 3 – западные по югу, 4 – юго-западные, 5 – южные, 6 – восточные)

территории. Подобная классификация была предложена В.Л. Архангельским и поддерживалась в более поздних, в том числе региональных, публикациях [7]. Авторами настоящей работы выделено семь типов циклонов в зависимости от района образования и пути перемещения (рис. 1).

Для каждого типа циклонов были рассчитаны следующие характеристики: среднее количество циклонов за период исследования, среднее количество циклонов по месяцам, среднеквадратические отклонения каждой категории, ошибки средних, среднее давление для каждого типа циклонов, среднее давление для каждого типа по месяцам.

Перенос воздушных частиц (обратные траектории) анализировался по признаку направления по шести секторам (сторонам света), которые соответствовали направлениям перемещения циклонов. Северный сектор соответствовал *ныряющим* циклонам; северо-западный – *западным по северу*; западный – *западным по югу*. Обозначение секторов для траекторий юго-западных, южных и восточных циклонов совпадало с типами циклонов. Чтобы получить численные характеристики вклада траектории в выделенный сектор, ей присваивался вес в зависимости от времени пребывания воздушной частицы в соответствующем секторе.

Результаты и их обсуждение

В период с 2002 по 2013 г. на территорию Приморского края вышло 972 циклона, включая частные и волновые, в среднем 81 циклон в год (рис. 2). Их количество изменялось от 68 (2012 г.) до 101 (2009 г.), дисперсия ряда – 8,1, ошибка среднего близка к 0,9. Последние годы периода исследования, 2010–2013 гг., характеризуются относительным сокращением количества циклонов.

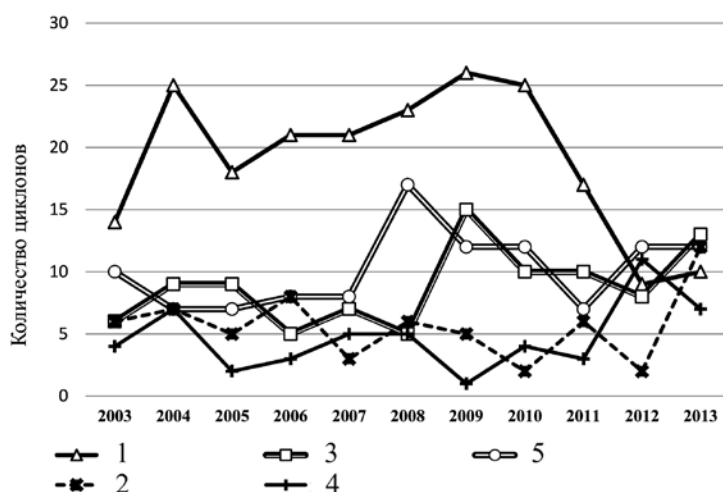


Рис. 2. Многолетний ход числа основных типов циклонов, выходящих в выделенный район в 2002–2013 гг. (1 – юго-западные, 2 – ныряющие, 3 – западные по югу, 4 – южные, 5 – западные по северу)

Ныряющие циклоны, перемещаясь над Сибирью, Забайкальем и Амурской областью, изменяют свое направление и выходят в выделенный район. В отдельных случаях такие циклоны могут перемещаться из Якутии. Пройдя территорию Приморского края, ныряющие циклоны, как правило, еще раз меняют направление, поворачивая на северо-восток. *Западные по северу* (по отношению к выделенному району) циклоны зарождаются над Монголией или Забайкальем, пересекают провинцию Хэйлунцзян (Китай) и перемещаются

на Приморский край севернее 45° с.ш. *Западные по югу* циклоны, зарождааясь над территорией Китая, перемещаются на восток, пересекают территорию Приморского края южнее 45° с.ш. Далее по тексту при объединении западных по северу и западных по югу циклонов будем называть их просто *западными*.

Юго-западные циклоны формируются над Желтым морем, прибрежными районами Китая (провинциями Аньхой, Чжэцзян, Цзянсу) и Корейским полуостровом, перемещаются на северо-восток. *Южные циклоны* – часто тропического происхождения или образуются вблизи юго-восточного побережья Азии. Выходят по меридиональным траекториям с юга на север, вынося с собой воздух тропического происхождения. *Восточные* циклоны – их траектория нетипична для выделенной территории, наблюдаются крайне редко (в связи с чем статистика для них в статье не приводится), следуют с востока, юго-востока на северо-запад, запад. Была выделена еще одна категория циклонов – *частные* – для зародившихся непосредственно над территорией выделенного района, т.е. местных, а также (изредка) тех, статус которых определить было затруднительно.

Наиболее часто циклоны в выделенный район выходили с юго-запада и запада, в среднем за год на эти направления приходилось 74 % всех случаев выхода циклонов. Для оценки воздействия трансграничного переноса загрязняющих веществ на территорию Приморского края наибольший интерес представляют *юго-западные* и *западные по югу* (выходящие южнее 45° с.ш.) циклоны, которые формируются в загрязненной атмосфере урбанизированных районов Китая. Количество *юго-западных* и *западных по югу* циклонов, которые выходили на Приморье в период исследования, соответственно составляло 31 и 16 % от общего числа.

Динамика циклонической активности в анализируемый период проявилась в увеличении частоты выхода *юго-западных* циклонов в 2008–2010 гг. В 2009 г. было зарегистрировано максимальное количество циклонов (101) всех типов, что определялось большим числом циклонов, перемещающихся с юго-запада и с запада южнее 45° с.ш. В последние годы исследуемого периода частота выхода *юго-западных* циклонов сократилась, достигла минимума в 2012 г. В этот же год отмечалось максимальное количество *южных* циклонов – 12.

По частоте выходов циклоны распределялись в следующем порядке: *юго-западные, западные по северу, ныряющие, западные по югу, южные, частные* и *восточные*; наиболее часто в выделенном районе они регистрировались в феврале и весенние месяцы (табл. 1), а в среднем минимальное их количество – в июне. Кроме *южных* и *частных*, циклоны остальных типов отмечались во все месяцы года. *Западные по югу* и *западные по северу* были наиболее активны в первую половину года, *юго-западные* чаще оказывали влияние на Приморье в мае и октябре, *ныряющие* – в зимние месяцы, марте и апреле.

Таблица 1

Среднее месячное количество циклонов, вышедших в выделенный район (40–50° с.ш., 130–140° в.д.) в 2002–2013 гг.

Тип циклона	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Все	5,9	7,9	7,8	8,0	7,5	4,9	6,7	6,2	5,6	7,2	6,9	6,6
Ныряющие	1,9	2,1	1,7	2,0	0,9	0,7	0,3	0,8	0,6	0,6	0,8	2,2
Западные по северу	1,4	1,9	2,5	2,0	2,0	1,3	1,8	1,3	1,5	1,8	2,0	1,7
Западные по югу	0,7	2,0	1,9	1,5	1,4	0,8	1,1	0,3	0,7	1,1	1,1	0,9
Юго-западные	1,8	1,8	1,4	2,0	2,9	1,8	2,6	2,7	1,5	2,9	2,5	1,3
Южные	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,8	1,0	1,3	0,6	0,3	0,3
Частные	0,1	0,1	0,3	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Среднее давление в циклонах разного типа в период их нахождения в выделенном районе представлено в табл. 2 (по данным только за синоптический срок 00 ВСВ). Наиболее глубокими были циклоны южной группы – 970–1012 (среднее давление в центре 995) гПа. Следующими за ними по глубине идут *юго-западные* – 975–1022 (1002) гПа. *Западные* и *ныряющие* циклоны менее глубокие; в среднем давление в их центре – 1005–1008 гПа. Давление в центре *западных* циклонов может изменяться от 975 до 1028 гПа, в центре *ныряющих* – от 990 до 1027 гПа.

Прослеживается и сезонная разница в глубине циклонов. Так, циклоны обоих западных типов и ныряющие имеют «правильный» годовой ход с минимумом давления в июле и максимумом в январе, что соответствует годовому ходу атмосферного давления над территорией края. В юго-западных циклонах наиболее низкое давление отмечается в марте и июне, для *южных* минимум давления в их центре наблюдается в марте-апреле. Менее глубокими *юго-западные* циклоны бывают в сентябре-октябре, *южные* – в августе.

Таблица 2

Среднее давление (гПа) в центрах циклонов разного типа, вышедших в выделенный район (40–50° с.ш., 130–140° в.д.), рассчитанное за период 2002–2013 гг.

Тип циклона	Месяц												Среднее
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ныряющие	1015	1012	1005	1005	1002	1001	999	1004	1010	1007	1012	1012	1008
Западные по северу	1013	1010	1003	1002	1000	1000	1001	1001	1003	1008	1008	1013	1005
Западные по югу	1017	1009	1007	1003	1003	1002	1001	1001	1008	1009	1010	1014	1007
Юго-западные	1004	1001	998	1001	999	998	1001	1001	1006	1006	1005	1003	1002
Южные	–	–	985	985	996	997	1000	1001	997	998	997	996	997

Примечание. Здесь и в табл. 3 прочерки означают отсутствие данных.

Как известно, при циклоническом типе атмосферной циркуляции в Северном полушарии воздушные массы перемещаются против часовой стрелки, при этом преобладают вертикальные восходящие движения воздуха. Учитывая, что сам циклон перемещается, траектории переносимых частиц могут иметь сложную форму со значительным сдвигом по высоте.

На рис. 3 приведены обратные траектории воздушных частиц в период приближения циклонов, принесших осадки на юг Приморского края в 2009 г.: 20 июня (19,9 мм), 20 августа (73,7 мм), 6 сентября (22,1 мм) и 15 ноября (10,1 мм). Ниже рисунков обратных траекторий показана изменчивость перемещения воздушных частиц по высоте. В данной работе вертикальная изменчивость траекторий не анализировалась.

Циклоны, вызвавшие осадки 20 июня, 20 августа и 6 сентября, были идентифицированы как *юго-западные*, а 15 ноября осадки определялись прохождением *западного по югу* циклона. На рис. 3, а и 3, б видно, что траектории на высоте 1500 м в течение трех суток находились в пределах юго-западного и южного секторов, траектория за 6 сентября, представленная на рис. 3, в, – в юго-западном и западном секторах. В данном случае направления траекторий воздушных частиц совпадают с типом циклонов, те и другие – юго-западные.

Циклон, вызвавший осадки 15 ноября (рис. 3, г), вышел на Приморье с запада, а обратные траектории на высоте 1500 м находились в восточном секторе по отношению к пункту расчета. Траектории приземные и на высоте 500 м указывают на то, что воздушные массы на этих высотах поступали с севера и северо-запада. В большинстве случаев траектории на высоте 1500 м находятся в секторе, совпадающем с типом циклона, но достаточно часто траектории указывают на вовлечение воздуха из других секторов. В подавляющем большинстве случаев воздушные частицы, особенно в приземном слое и на высоте 500 м, описывают сложные траектории, что определяет их вклад в несколько секторов.

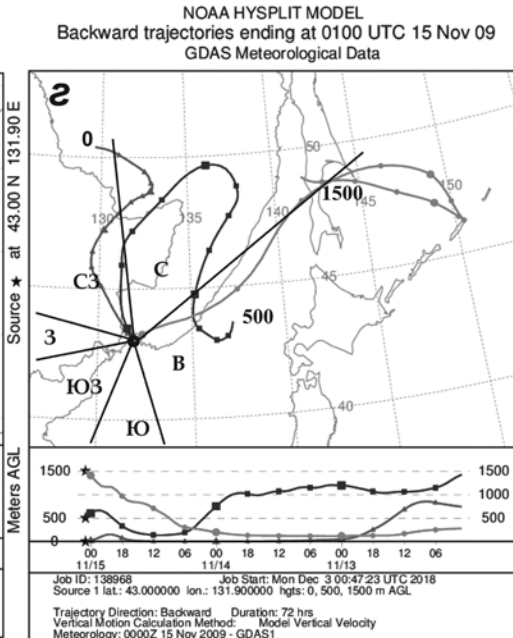
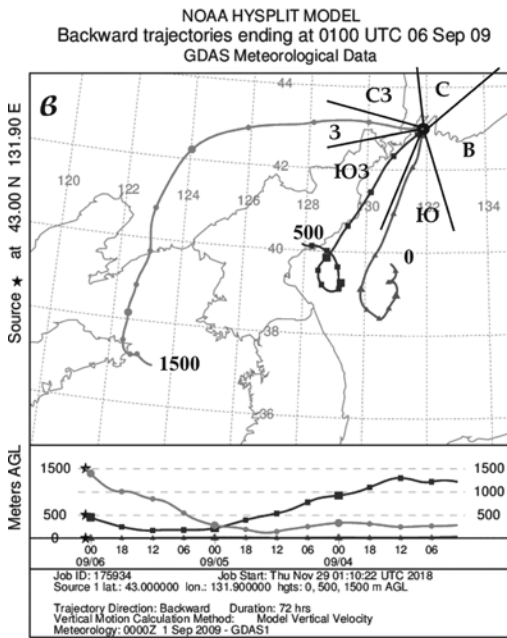
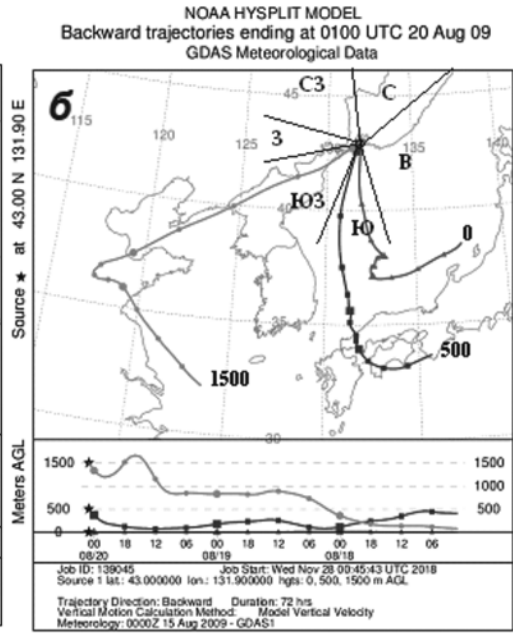
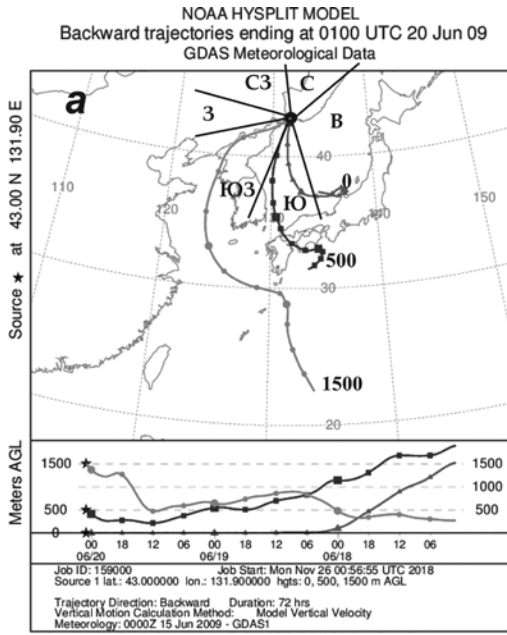


Рис. 3. Обратные траектории воздушных частиц для высот 0, 500 и 1500 м за 20 июня (а), 20 августа (б), 6 сентября (в) и 15 ноября (г) 2009 г.

Результаты оценки весов траекторий на высоте 1500 м по секторам для эпизодов, представленных на рис. 3, приведены в табл. 3.

При расчете вклада траекторий учитывалась предыстория перемещения воздушных частиц за предшествующие 72 ч от момента отбора проб осадков, измеренных в срок 00 ВСВ. Сложная траектория перемещения частиц в пространстве определяет вклад ее весов в несколько секторов. Веса траекторий за каждый месяц и год последовательно складывались. На рис. 4 показана сезонная изменчивость вклада обратных траекторий

Таблица 3

Веса траекторий воздушных частиц в шести секторах
для высоты 1500 м (40–50° с.ш., 130–140° в.д.)

Дата	Сектор (румб)					
	С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	В
20.06.2009	–	–	–	0,5	0,5	–
20.08.2009	–	–	–	1,0	–	–
06.09.2009	–	–	0,5	0,5	–	–
14.11.2009	0,05	–	0,25	0,25	0,3	0,15
15.11.2009	0,1	–	–	–	–	0,9

в разные сектора в 2009 г., который характеризовался высокой активностью юго-западных циклонов (см. рис. 2).

В течение восьми месяцев 2009 г. на высоте 1500 м над поверхностью земли преобладали северо-западные траектории переноса воздуха. Только в июле и августе воздушные частицы чаще перемещались с юго-запада. Преобладание северо-западных траекторий на высоте 1500 м было характерно для большей части рассматриваемого в статье периода. Исключением явился 2007 г., когда доминировали юго-западные и восточные траектории, и 2012 г., когда суммы весов траекторий в северо-западный и юго-западный сектора были равновеликими (рис. 5).

Аналогичный анализ обратных траекторий за 1986, 1987, 1989 гг. был проведен для станции комплексного фонового мониторинга Госкомгидромета в пос. Терней. Учитывались все траектории за каждые сутки года. Результаты анализа показали, что в среднем за год преобладал перенос воздушных частиц из западного сектора по отношению к пункту расчета [4].

Парный корреляционный анализ числа циклонов соответствующих типов и сумм весов траекторий по секторам за 2006–2013 гг. показал наличие непараметрической зависимости. Коэффициент корреляции для *западных по северу* циклонов и северо-западного сектора траекторий составил 0,39, *западных по югу* и западного сектора – 0,42, *ныряющих* и северного – 0,68, *южного* циклона и южного сектора – 0,61. Для *юго-западных* циклонов и юго-западного сектора коэффициент корреляции незначим. Есть различия и по абсолютным величинам. Анализ деятельности циклонов показал, что чаще всего наиболее

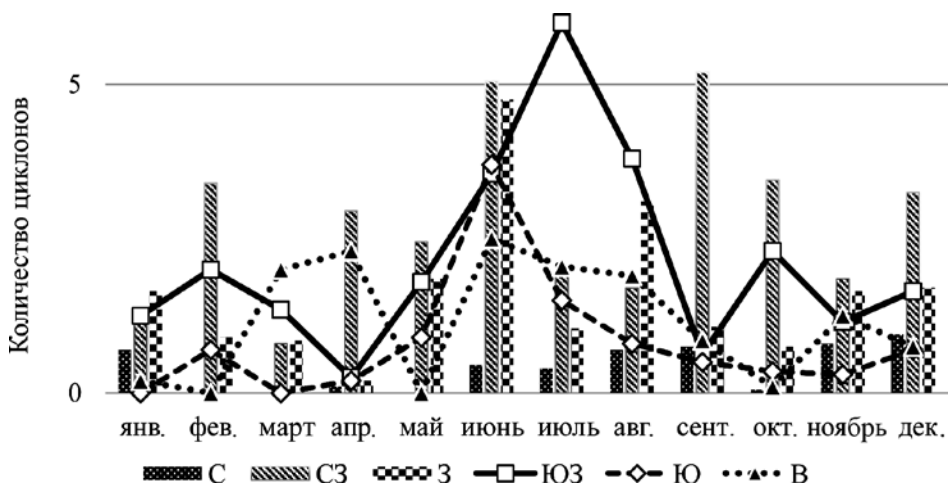


Рис. 4. Сезонная изменчивость сумм весов обратных траекторий воздушных частиц на высоте 1500 м на примере 2009 г. С – северный, СЗ – северо-западный, З – западный, ЮЗ – юго-западный, Ю – южный, В – восточный сектора

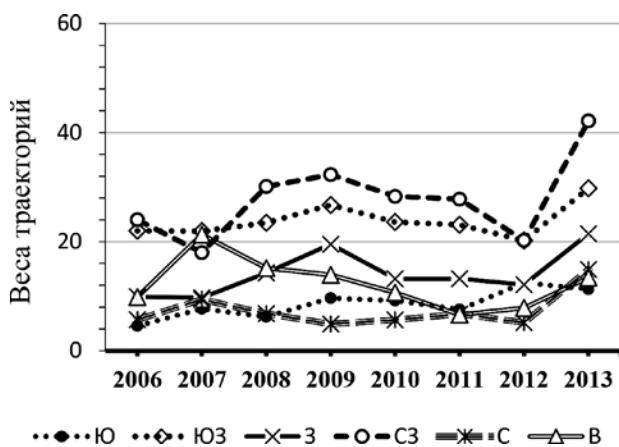


Рис. 5. Многолетний ход изменчивости сумм весов (времени пребывания) траекторий воздушных частиц на высоте 1500 м в различных секторах за 2006–2013 гг.: С – северный, СЗ – северо-западный, З – западный, ЮЗ – юго-западный, В – восточный, Ю – южный

активными были *юго-западные* циклоны, а веса траекторий указывают на преобладание переноса воздуха с северо-запада.

Различия в полученных результатах объясняются несовпадением траекторий перемещения центров циклонов и воздушных частиц, вовлеченных в их циркуляцию на разных высотах. Совместный анализ результатов реализованных подходов позволил выявить общую тенденцию изменчивости как траекторий циклонов, так и воздушных частиц. Проведенные исследования показали устойчивую зависимость между траекториями циклонов и обратными траекториями воздушных частиц для *ныряющих* и *южных* типов циклонов, т.е. выходящих на территорию Приморского края с северо-запада, севера и юга. Одним из результатов проведенного исследования является создание архива с данными о положении и глубине циклонов и карт обратных траекторий, которые будут использоваться в процессе исследований изменчивости химического состава осадков. Архив карт обратных траекторий позволит уточнить предыстории перемещения воздушных частиц и оценить потенциальное воздействие подстилающей поверхности (в том числе антропогенное) на формирование примесей атмосферы и, в конечном счете, химический состав осадков.

Заключение

В результате проведенного исследования была оценена частота выхода на территорию Приморского края циклонов (*ныряющих, западных по северу, западных по югу, юго-западных, южных, восточных и частных*), формирующихся в различных географических районах. Активность циклонов различных типов варьировала год от года. За 12-летний период наиболее активными были *юго-западные* циклоны, в среднем за год на этот тип приходился 31 % от общего их числа. Наиболее часто в выделенный район циклоны выходили в феврале и весенние месяцы. В среднем меньшее их количество регистрировалось в июне. Сезонная изменчивость среднемесячного давления для *западных по югу, юго-западных* и *ныряющих* циклонов характеризовалась его понижением от зимних месяцев к летним с минимумом в июне–июле. Для *южных* циклонов характерен обратный годовой ход их глубины – давление в центре *южных* циклонов растет к середине лета и в июле–августе достигает максимума. В среднем наиболее глубокими были *южные* циклоны, а наименее глубокими – *ныряющие*.

Выявлена устойчивая зависимость между траекториями циклонов и обратными траекториями воздушных частиц за предшествующие 72 ч для *ныряющих* и *южных* типов циклонов. Создан архив данных о положении и глубине циклонов и карт обратных траекторий, которые будут использоваться в процессе исследований химического состава осадков в зависимости от происхождения (типа) циклонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский В.Л. Пути и скорости перемещения циклонов и антициклонов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке // Тр. ДВНИГМИ. 1956. Вып. 1. С. 97–113.
2. Гаврилова М.К. Климат холодных регионов земли. Якутск: Изд-во СО РАН, 1998. 206 с.
3. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 774 с.
4. Кондратьев И.И. Трансграничный атмосферный перенос аэрозоля и кислотных осадков на Дальний Восток России. Владивосток: Дальнаука, 2014. 299 с.
5. Кубай Б.В., Мендельсон Э.А., Цурикова Т.В. Изменяется ли климат в Приморском крае? Владивосток: Примгидромет, 2012. 129 с.
6. Мамедов Э.С., Павлов Н.И. Тайфуны. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 139 с.
7. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. 2, вып. 5. Дальний Восток. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 175 с.
8. Mukha D.E., Kondrat'ev I.I., Mezentseva L.I. Transboundary transport of acid precipitation by cyclones of East Asia to South of the Russian Far East // Geography and Natural Resources. 2012. Vol. 33, N 2. P. 119–124.
9. Yingxian Zhang, Yihui Ding, Qiaoping Li. A climatology of extratropical cyclones over East Asia during 1958–2001 // Acta Meteorologica Sinica. 2012. Vol. 26, iss. 3. P. 261–277.

А.И. БАБУШКИНА, Д.Н. БЫКОНЯ, В.А. ЧУЛКОВ

Влияние резкого изменения атмосферного давления на деформацию земной коры

Анализируются синхронные данные лазерного деформографа и лазерного нанобарографа на МЭС ТОИ ДВО РАН «Мыс Шульца» за период наблюдений (25–26.03.2016 г.). Установлено влияние вариаций атмосферного давления на уровень микродеформаций земной коры. При резком изменении атмосферного давления в земной коре возбуждаются низкочастотные колебания, период которых быстро растет примерно от 25 до 120 с. Со временем они затухают.

Ключевые слова: лазерный деформограф, лазерный нанобарограф, атмосферная барическая депрессия, микродеформации земной коры, градиент атмосферного давления.

Influence of sudden change of atmospheric processes on deformation of the Earth's crust. A.I. BABUSHKINA, D.N. BYKONYA, V.A. CHULKOV (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

Synchronous data of a laser strainmeter and a laser nanobarograph, installed on MES of POI FEB RAS "Schultz Cape", are analyzed for the observation period from March 25 to March 26, 2016. The effect of variations in atmospheric pressure on the level of microdeformations of the Earth's crust has been established. With a sudden change in the atmospheric pressure in the Earth's crust, low-frequency oscillations are excited, the period of which quickly grows from about 25 to 120 s. They attenuates with time.

Key words: laser strainmeter, laser nanobarograph, barometric depression, microdeformations of the Earth's crust, atmospheric pressure gradient.

Введение

При изучении геосферных процессов широкого диапазона частот возникает вопрос о первоисточнике выделенных колебаний. Так, колебания и волны земной коры, зарегистрированные различной геофизической аппаратурой, можно в первую очередь отнести к источникам, находящимся в той геосфере, в которой расположена данная аппаратура. Например, зарегистрированные в воде термодатчиками квазипериодические колебания, первоначально отнесенные к короткопериодным морским волнам, были вызваны вариациями атмосферного давления, которые воздействовали на земную кору и гидросферу [3]. Аналогичные эффекты можно наблюдать в диапазоне микросейсм первого и второго рода, сейш, инфрагравитационных морских волн. Становится ясно, что для нахождения первоисточника некоторых колебаний и волн необходимо проводить измерения вариаций основных параметров геосфер одновременно во всех геосферах.

В данной статье анализируется природа возникновения устойчивых колебаний земной коры, зарегистрированных лазерным деформографом, период которых быстро растет со

БАБУШКИНА Александра Ивановна – магистрант, специальность «Прикладная гидрометеорология», *БЫКОНЯ Дарья Николаевна – магистрант, специальность «Прикладная гидрометеорология», ЧУЛКОВ Виктор Александрович – магистрант, специальность «Прикладная гидрометеорология» (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). *E-mail: bykonya_daria@mail.ru

временем. При первичном анализе экспериментальных данных установлено, что основным триггером возбуждения этих колебаний являются атмосферные процессы.

Исходные данные для проводимого исследования получены с помощью лазерного деформографа и лазерного нанобарографа [1, 2, 4]. Лазерный деформограф установлен на поверхности земли с заглублением фундамента оптической скамьи до скальной породы. Конструкция прибора изолирована от воздействия окружающей среды. На рис. 1 приведен общий рабочий вид установки. В деформографе применена цифровая система регистрации собственной разработки ТОИ ДВО РАН, которая относится к системам экстремального регулирования и управляет работой интерферометров, поддерживая на максимуме интенсивности интерференционную картину с помощью пьезокерамических элементов в цепи обратной связи. При достижении края динамического диапазона, обусловленного цикличной сменой экстремумов интерференционной картины, система регистрации формирует импульс сброса, обнуляя подаваемое на пьезокерамику напряжение. Таким образом достигается расширение динамического диапазона прибора до величин, значительно превышающих возможные в природе. Величина подаваемого на пьезокерамику напряжения и количество импульсов сброса в конкретный момент времени соответствуют изменению оптической разности хода в плечах интерферометров, линейно связанной со смещением земной коры. Эта информация в цифровом виде по линии связи поступает в компьютер, где записывается на жесткий диск с заданной частотой дискретизации.

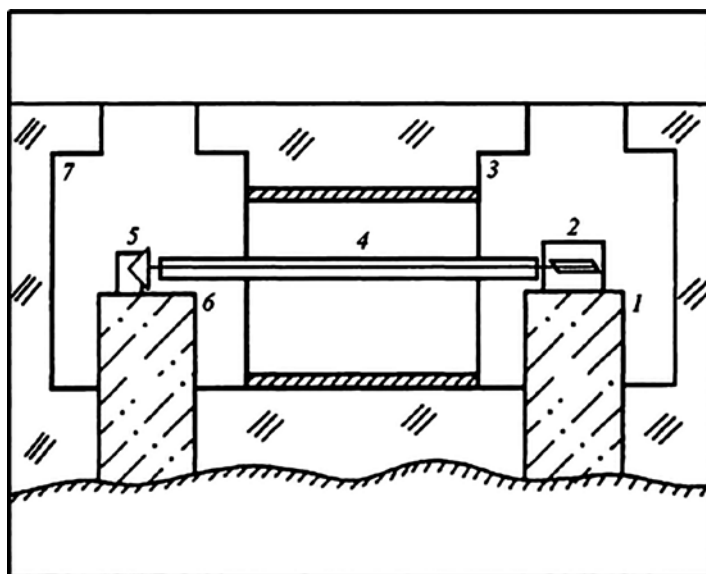


Рис. 1. Блок-схема лазерного деформографа классического типа: 1, 6 – бетонные (гранитные) устои лазерного деформографа; 2 – интерференционный узел лазерного деформографа; 3, 7 – подземные гидротермоизолированные боксы лазерного деформографа; 4 – вакуумный (герметичный) лучевод; 5 – блок уголкового отражателя [3]

Лазерный нанобарограф [2] (рис. 2) создан для исследований взаимосвязи между процессами в атмосфере и литосфере. В качестве датчика-измерителя атмосферного давления использован блок anerоидных коробок, применяемый в обычных стрелочных барометрических приборах. Однако для регистрации перемещения незакрепленного конца блока с целью увеличения чувствительности использовались современные лазерно-интерференционные методы измерений. Оптическая схема лазерного нанобарографа создана на основе модифицированного интерферометра Майкельсона равноплечего типа с длиной

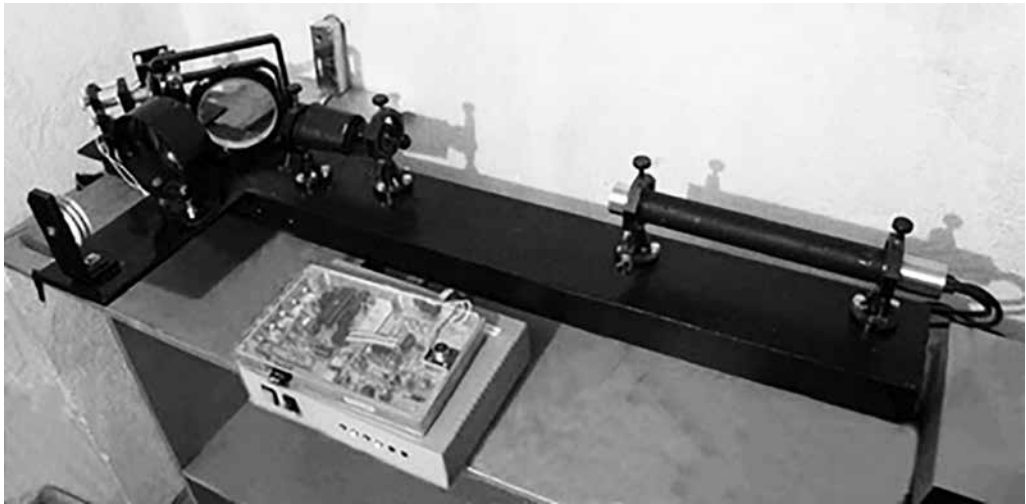


Рис. 2. Действующий лазерный нанобарограф на МЭС «Мыс Шульца»

плеча 20 см. Применяемые методы интерферометрии позволяют измерять вариации атмосферного давления с точностью 0,003 Па. При этом частотный диапазон простирается от 0 (условно) до 1000 Гц, а динамический диапазон практически неограничен, что обусловлено наличием системы сброса уровня. В работе поставлена задача изучения возможного влияния вариаций атмосферного давления на возбуждение в земной коре различных колебаний инфразвукового диапазона.

Обработка и анализ полученных результатов

При обработке данных лазерного деформографа обнаружено, что 25–26 марта 2016 г. возникали мощные колебания земной коры, период которых быстро возрастал от нескольких десятков секунд до нескольких минут с дальнейшим затуханием. С целью изучения возможных причин возникновения этого явления были исследованы атмосферные процессы, которые могли его вызвать.

При изучении динамики атмосферных процессов использованы спутниковые снимки [5], позволяющие с дискретностью 1 ч визуально проследить область распределения атмосферных процессов. По этим снимкам исследовались динамические особенности атмосферных процессов, а также структуры, способные вызвать в земной коре колебания, выделенные на лазерном деформографе. На спутниковых данных в атмосфере отмечены контрастные структуры, соответствующие большим градиентам давления, но колебаний, похожих на колебания, зарегистрированные лазерным деформографом, отмечено не было.

Максимальное атмосферное давление в период с 00 ч 25 марта по 18.00 ч 26 марта понизилось от 1023,5 до 1014,7 гПа [5].

Для обработки данных использовали программу «Deformograph», разработанную в ТОИ ДВО РАН в 2002 г., для построения графиков – программу «Excel». В программе «Deformograph» загружали экспериментальные данные и работали в нескольких каналах (рис. 3). В нашем случае в 1-м канале были данные лазерного нанобарографа, в 6-м канале – отфильтрованные при помощи фильтра Хэмминга в полосе частот 1–0,002 Гц данные лазерного деформографа.

Начальная точка, с которой мы начали работу, выбрана 26 марта 2016 г. в 00 ч 05 мин 38 с, потому что именно с этого момента возникли низкочастотные колебания земной коры, период которых начал увеличиваться.

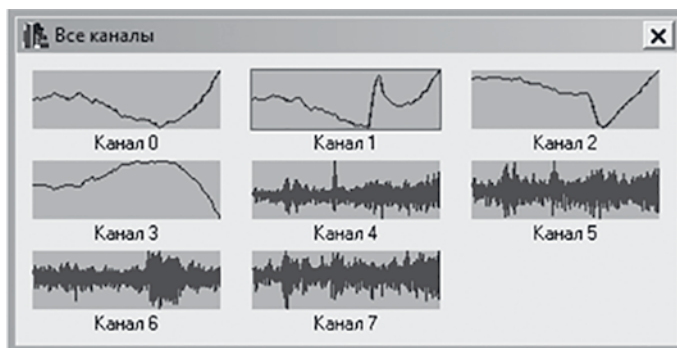


Рис. 3. Рабочие каналы в программе «Deformograph»

При анализе использована спектрограмма данных лазерного деформографа (рис. 3, шестой канал). Спектрограмма участка записи лазерного деформографа приведена на рис. 4. Рассмотрены два интересующих нас участка, в которых периоды возбужденных колебаний земной коры последовательно возрастали от минимальных до максимальных: 1) участок с точки 17969 (точка отсчета от начала графика по оси абсцисс при частоте дискретизации 1 Гц), возрастание колебаний началось 26.03.2016 г. в 00 ч 05 мин 38 с, по точку 19505 в 00 ч 31 мин 47 с; 2) участок с точки 20001, возрастание колебаний началось 26.03.2016 г. в 00 ч 39 мин 28 с, по точку 21537 в 01 ч 05 мин 35 с (рис. 4). Каждый из рассматриваемых нами участков был разбит на 7 фрагментов (см. таблицу) с фиксированной длиной 256 точек. На первом участке первый фрагмент колебаний начался 26.03 в 00 ч 05 мин 38 с, второй – в 00 ч 09 мин 53 с, третий – в 00 ч 14 мин

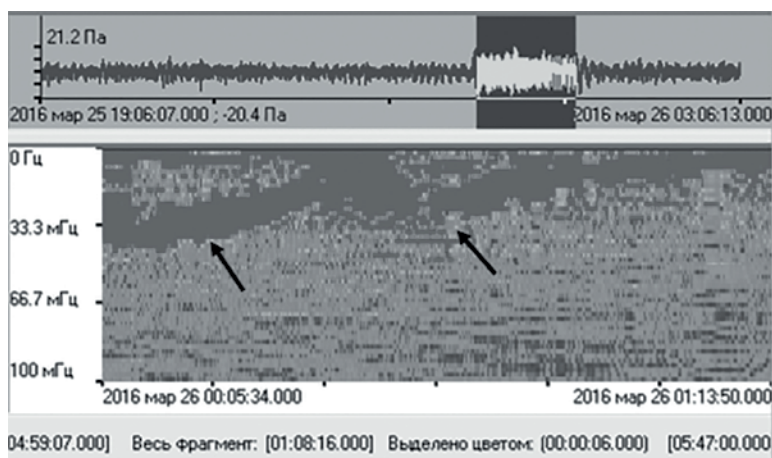


Рис. 4. Участок записи лазерного деформографа и его спектрограмма

Временное изменение периода возбужденных колебаний земной коры

Показатель	Спектрограмма данных лазерного деформографа						
	Первый участок						
Номер точки	17969	18225	18481	18737	18993	19249	19505
Период, с	25,6	28,4	36,5	42,6	51,0	51,2	51,2
	Второй участок						
Номер точки	20001	20257	20513	20769	21025	21281	21537
Период, с	42,6	64	86,3	85,3	128	128	128

13 с, четвертый – в 00 ч 18 мин 36 с, пятый – в 00 ч 23 мин 09 с, шестой – 00 ч 27 мин, седьмой – в 00 ч 31 мин 47 с. На втором участке первый фрагмент колебаний, который мы рассматривали, начался 26.03 в 00 ч 39 мин 28 с, второй – в 00 ч 43 мин 51 с, третий – в 00 ч 48 мин 00 с, четвертый – в 00 ч 52 мин 30 с, пятый – в 00 ч 57 мин 09 с, шестой – в 01 ч 01 мин 21 с, седьмой – в 01 ч 05 мин 35 с. Последние периоды (128 с) одинаковы для последних трех случаев из-за плохого разрешения спектров.

По данным таблицы построены графики временного изменения периода колебаний для первого (рис. 5) и второго (рис. 6) участков.

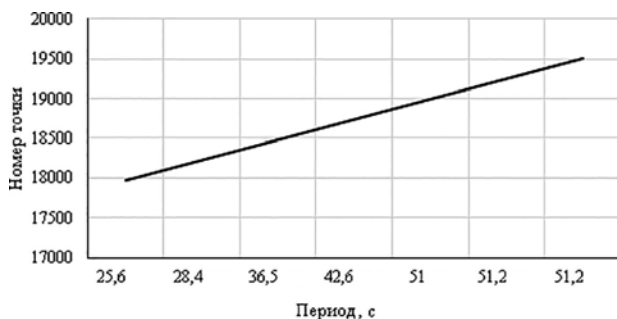


Рис. 5. Графическое изображение временного изменения периода колебаний первого участка

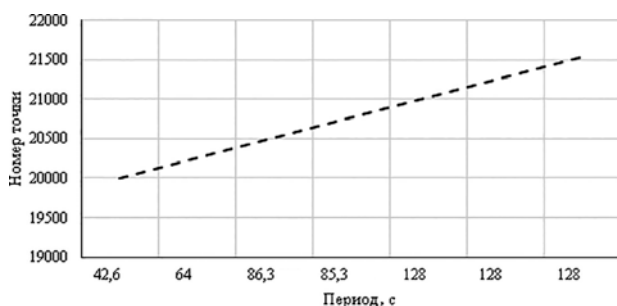


Рис. 6. Графическое изображение временного изменения периода колебаний второго участка

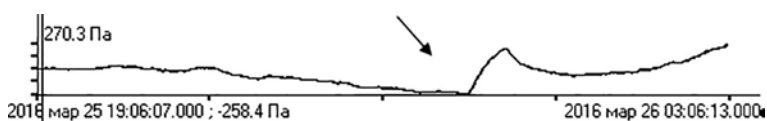


Рис. 7. График изменения атмосферного давления

На графиках видно, что временное изменение периода колебаний земной поверхности в первом и во втором случаях линейно. Возможно, такие изменения происходят в результате изменения барического поля. Начало колебаний земной коры в первом и втором случаях начинается с резкого изменения атмосферного давления, общая величина изменения атмосферного давления составляет около 530 Па (рис. 7).

Заключение

На наш взгляд, возникновение колебаний земной коры инфразвукового диапазона, зарегистрированных лазерным деформографом, вызвано резким изменением

атмосферного давления значительной величины. Это изменение стало триггером при возбуждении высокочастотных колебаний земной коры (период около 25 с). Со временем их период возрстал, что связано с потерей энергии нелинейных колебаний.

Авторы выражают искреннюю благодарность ТОИ ДВО РАН за предоставленную информацию и лично д.ф.-м.н., академику РАН Г.И. Долгих – за всестороннюю поддержку и помощь при написании статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Чебров В.Н., Шевченко Ю.В. Геофизический полигон «Мыс Шульца» // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 5. С. 165–169.
2. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Новикова О.В., Овчаренко В.В., Окунцева О.П., Швец В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В. Лазерный нанобарограф и его применение при изучении бародеформационного взаимодействия // Физика Земли. 2004. № 8. С. 82–90.
3. Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В. Морские внутренние волны и атмосферные депрессии // ДАН. 2015. Т. 462, № 5. С. 601–604.
4. Долгих Г.И. Принципы построения однокоординатных лазерных деформографов // Письма в журнал технической физики. 2011. Т. 37, вып. 5. С. 24–30.
5. Himawari 8 Data Archive, GMS/GOES9/MTSAT Data Archive for Research and Education. – <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/archive-e.html> (дата обращения: 9.01.2019 г.).

Т.С. ЯКИМОВ, С.А. ФЁДОРОВ, В.Ю. КАЛГИН

Серебряная минерализация в аргиллитах Кирченовского месторождения (Забайкалье)

Изучены пробы рудоносных аргиллитов, отобранные на Кирченовском месторождении (Забайкальский край). Показано, что они богаты благородными металлами. Определены рудообразующие минералы. Последующие исследования в этом направлении могут привести к открытию концептуально нового типа золото- и сереброросодержащих пород.

Ключевые слова: серебро, сульфидная минерализация, Кирченовское месторождение, рудоносные аргиллиты.

Silver mineralizations in argillites from the Kirchenovsky gold-silver mine (Zabaikalsky Krai). T.S. YAKIMOV (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok; Far East Federal University, Vladivostok), S.A. FEDOROV (Institute of Metallurgy UB RAS, Yekaterinburg), V.Yu. KALGIN (Far East Federal University, Vladivostok).

Authors investigated the samples of ore-bearing argillites, which are selected on the Kirchenovsky gold-silver mine, Zabaikalsky Krai. It is shown, that they are rich with precious metals. Ore-forming minerals are defined. The subsequent researches in this direction can lead to opening of conceptually new type of gold-silver-containing rocks.

Key words: silver, sulphidic mineralization, Kirchenovsky gold-silver mine, ore-bearing argillites.

Изучение месторождений, содержащих рудную минерализацию, в особенности благородных металлов, в аргиллитах, в настоящее время является весьма актуальным. Особый интерес представляет золотосеребряное оруденение, которое исследовано не в полной мере. К таким месторождениям, включающим данный тип оруденения, относится Кирченовское в Забайкальском крае (Оловянинский район).

Кирченовское месторождение входит в состав Тургинского рудного узла Кукульбейского рудного района. Оно приурочено к сложной зоне окварцевания, пропилитизации и березитизации в экзоконтакте шахтаминских гранитоидов ($\gamma\delta_2J_{2-3}\delta$) (рис. 1). Рудоносные зоны вмещают крутопадающие кварцевые жилы протяженностью от 25 до 2500 м. В целом на месторождении можно выделить 6 типов руды: 1) рудоносные золотосеребряные кварцевые жилы, 2) вмещающие их метасоматиты (березиты), 3) кора выветривания, 4) аргиллиты, 5) кварц-углеродистые и 6) углеродистые метасоматиты. Нами исследовались аргиллиты, где рудные минералы представлены золотом, самородным серебром, аргентитом, арсенопиритом, галенитом, пиритом, сфалеритом, халькопиритом и блеклой рудой, а в зоне окисления – церусситом, скородитом и англезитом. Содержание Au в рудах – 1,57–2,04, Ag – до 84,4 г/т.

*ЯКИМОВ Тимур Сергеевич – инженер, студент-магистр (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ФЁДОРОВ Сергей Андреевич – младший научный сотрудник, аспирант (Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург), КАЛГИН Владислав Юрьевич – студент-магистр (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). *E-mail: yakimov-timur@mail.ru

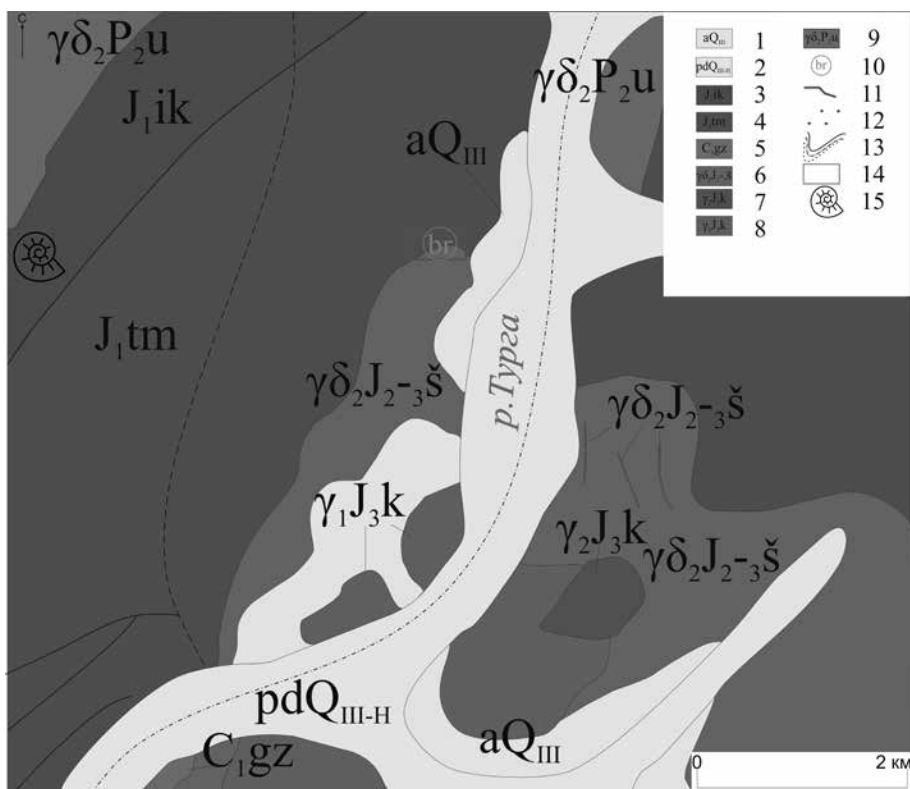


Рис. 1. Схема геологического строения Кирченовского месторождения (Оловянинский район, Забайкальский край) [Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Серия Приаргунская. Лист М-50-IX (Калангуй); объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. 156 с.].

1 – аллювиальные (а) пески, галечники, валунно-галечные отложения, суглинки, глины (до 35 м); 2 – пролювиально-делювиальные (pd) супеси, пески, суглинки, глины (до 15 м); 3 – икагйская свита: алевролиты, аргиллиты, песчаники, хлидолиты, в основании дресвяники, гравелиты, конгломераты (650–1000 м); 4 – таменгинская свита: песчаники, алевролиты, аргиллиты, хлидолиты, линзы конгломератов (2000–2500 м); 5 – газимурозаводская свита: кварцево-слоистые сланцы, мраморы (800 м); 6 – гранодиориты, граносиениты ($\gamma\delta_2$), кварцевые монодиориты (qu_2), граниты (γ_2), кварцевые диориты (qd_2); 7 – вторая фаза кукульбейского гранит-лейкогранитного комплекса: литионит-амазонит-альбитовые граниты (γ_2); 8 – граниты, лейкограниты ($l\gamma_2$, γ_2); 9 – граниты, лейкограниты ($l\gamma_3$); 10 – березиты; 11 – дайки гранитов ($\gamma\delta_2$); 12 – контактовые роговики и ороговикованные породы; 13 – разломы; 14 – Кирченовское месторождение; 15 – морские беспозвоночные

Аргиллиты на Кирченовском месторождении присутствуют в виде небольшого слоя мощностью до 0,5 м вблизи рудоносных кварцевых жил (рис. 2). Породы относятся к таменгинской свите нижней юры (J_1tm), имеют голубовато-серую окраску и слабую слоистость. Аргиллиты имеют гранолепидобластовую структуру и сложены гидрослюдой (80–85 %) и небольшим количеством кварца (до 10 %). Сами рудные минералы составляют 5–10 % объема аргиллитов, представлены пиритом и арсенопиритом, образующими многочисленные вкрапленники (3–4 мм) и линзы (до первых сантиметров).

Материалом для изучения послужили пробы аргиллитов, отобранные авторами в летний период работ 2017 г. Анализ пород осуществлялся в Институте геологии и геохимии УрО РАН (аналитик Д.В. Киселёва) с помощью электронного микроскопа JSM 639LV с энергодисперсионным анализатором EDS X-max 80, а также масс-спектрометра квадрупольного с индуктивно связанной плазмой ELAN 9000.

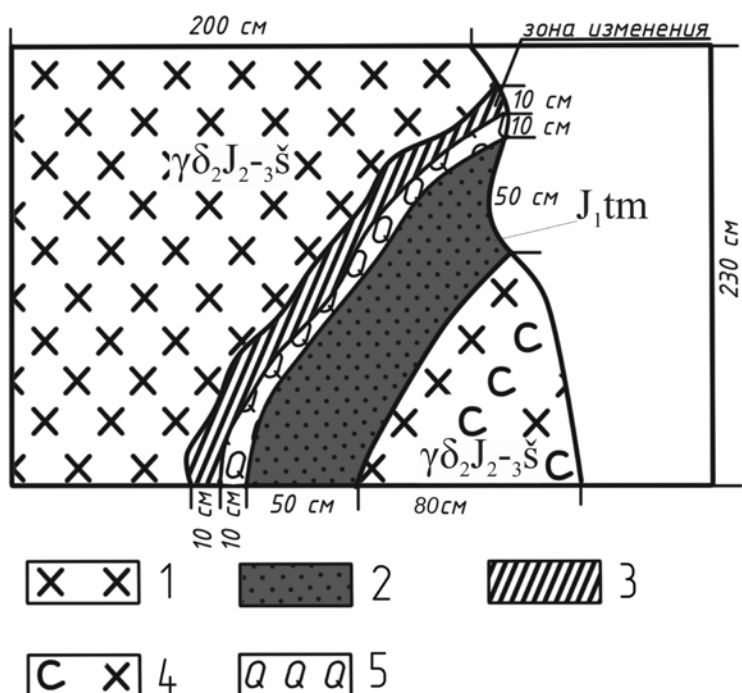


Рис. 2. Схематическая зарисовка горизонта № 920, где были обнаружены углефицированные аргиллиты.
 1 – гранитоиды с пойкилитовой структурой, 2 – углефицированные аргиллиты,
 3 – переходная зона изменений от гранитоидов до углефицированных аргиллитов, 4 – березитизированные гранитоиды, 5 – кварцевый прожилок

Масс-спектрометрический анализ (ICP MS) аргиллитов выявил довольно богатое содержание в них благородных металлов: 5,8 г/т Au, около 700 г/т Ag и порядка 2 г/т Pd. Результаты анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание рудных и сопутствующих элементов в аргиллитах Кириченовского месторождения по результатам анализа ICP MS

Элемент	Содержание, г/т	Элемент	Содержание, г/т
Co	8,428	Pd	2,363
Ni	19,439	Ag	686,133
Cu	1106,323	Sb	390,307
Zn	933,052	W	100,988
As	52743,774	Au	5,830
Rh	0,156	Pb	9722,219

В аргиллитах присутствуют также такие полезные компоненты, как As (до 5 %), Pb (до 1 %) и Cu (до 0,1 %). Эти данные указывают на комплексность сырья и богатую рудную минерализацию.

Под сканирующим электронным микроскопом помимо основных сульфидов – пирита и арсенопирита – было выявлено еще 10 минералов: сульфид серебра, ялпаит, фрейбергит, арсенат Ag и Cu, ковеллин, галенит, мацапелит, карминит, скородит и англезит. Для каждого минерала был определен химический состав (в точке) с помощью энергодисперсионной приставки, а для сульфидов рассчитана кристаллографическая формула. В расчетах

указаны минимальное и максимальное содержания Ag, при его отсутствии – содержания As и Pb. Рассчитанные формулы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Кристаллохимические формулы сульфидов, установленных в аргиллитах Кирченковского месторождения

Название минерала	Кристаллохимическая формула
Сульфид серебра (Ag ₂ S)	(Ag _{1,98} , Fe _{0,08}) _{2,06} S _{0,94} (Ag _{2,34} , Fe _{0,01}) _{2,35} S _{0,65}
Ялпаит (Ag ₃ CuS ₂)	(Ag _{2,74} , Fe _{0,16} , As _{0,05}) _{2,95} Cu _{0,83} S _{2,22}
Ковеллин (CuS)	(Cu _{0,89} , Ag _{0,09} , Fe _{0,01} , Pb _{0,01}) _{1,00} S _{0,97}
Фрейбергит ((Ag, Cu) ₁₀ (Fe, Zn) ₂ Sb ₄ S ₁₃)	(Ag _{1,79} , Cu _{8,09}) _{9,88} (Fe _{1,31} , Zn _{0,86}) _{2,17} Sb _{4,17} S _{12,78} (Ag _{2,40} , Cu _{7,51}) _{9,91} (Fe _{1,13} , Zn _{0,93}) _{2,06} Sb _{4,18} S _{12,85}
Галенит (PbS)	(Pb _{0,53} , Fe _{0,32} , Au _{0,02}) _{0,87} S _{1,14} (Pb _{1,00} , Fe _{0,06})S _{0,94}
Пирит (FeS ₂)	(Fe _{0,94} , As _{0,01}) _{0,95} S _{2,05} (Fe _{0,94} , As _{0,02}) _{0,96} S _{2,04}
Арсенопирит (FeAsS)	Fe _{0,95} (As _{0,91} , Sb _{0,01}) _{0,92} S _{1,13} Fe _{0,93} As _{0,97} S _{1,10}

Два минерала (сульфид Ag и арсенат Ag и Pb) остались неопределенными, так как для их идентификации требуются другие специальные методы анализа.

Главный рудный минерал – пирит – образует кубические и пентагондодекаэдрические кристаллы размером до 3–4 мм. Минерал преимущественно мышьяковистый: среднее содержание As в нем составляет 1 %.

Арсенопирит наблюдается в виде псевдоромбических и призматических кристаллов размером не более 1 мм, часто образует скопления, содержит небольшую примесь сурьмы (до 0,4 %). В процессе окисления с поверхности арсенопирит замещается скородитом и мацелитом (рис. 3, з, д). С арсенопиритом нередко ассоциируют минералы серебра, в частности сульфид серебра (Ag₂S), который обволакивает его, в том числе окисленные зерна, образуя тонкую, в 3–4 мкм, рубашку (рис. 3, з). В результате образуются зерна размером 20–40 мкм, центральная часть которых сложена арсенопиритом, средняя – скородитом, периферия – сульфидом серебра. Это указывает на соответствующую последовательность минералообразования (арсенопирит–скородит–сульфид серебра) и на то, что сульфид серебра является более поздним минералом. Значительная часть золота ассоциирует с арсенопиритом [Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Серия Приаргунская. Лист М-50-IX (Калангуй): объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. 156 с.].

Галенит образует изометричные и каплевидные включения в пирите (рис. 3, е), часто располагающиеся на периферии. Размер включений не превышает 4–5 мкм. Минерал содержит значительное количество железа (до 10 %), в отдельных выделениях присутствует примесь золота (до 2 %). Некоторые зерна галенита частично (с поверхности) или полностью замещаются англезитом. Последний образует мелкозернистые агрегаты размером до 10 мкм.

На месторождении выявлено четыре вида минералов основного рудного компонента – серебра (сульфид серебра, ялпаит, фрейбергит, арсенат серебра и свинца) и два вида серебряносодержащих минералов (ковеллин и скородит). Что касается второго основного компонента – золота, то его форма нахождения авторами пока не установлена.

Преобладающим среди минералов серебра является сульфид Ag₂S (рис. 3, а), который образует зерна изометричной, близкой к ромбической, формы, а также их скопления, вплоть до зернистых агрегатов. Размер зерен не превышает 5 мкм, агрегатов – 100 мкм. В Ag₂S количество серебра по расчетам достигает 0,3 формульной единицы, присутствуют примеси Fe (табл. 2). Минерал один из поздних, заполняет интерстиции между

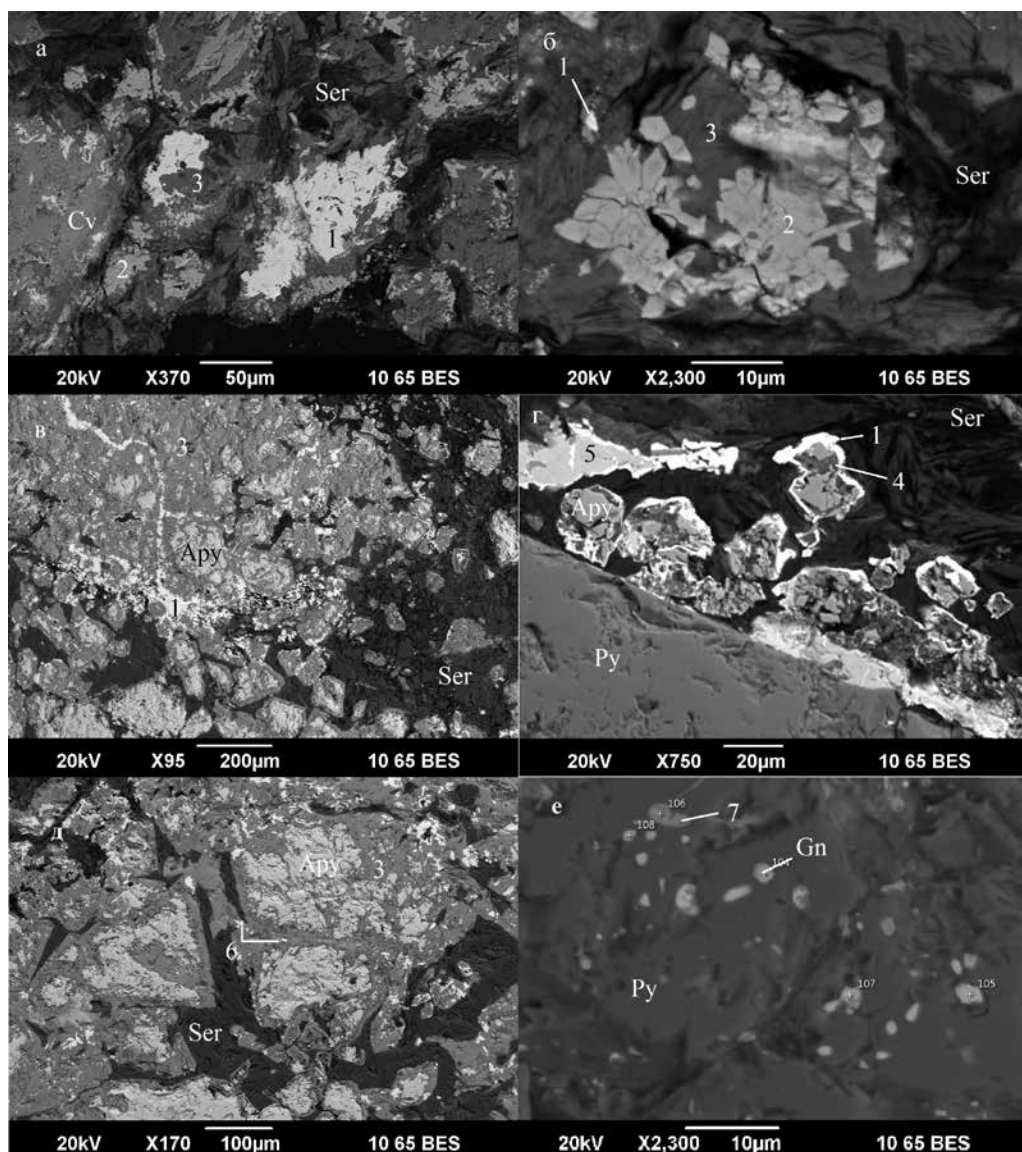


Рис. 3. *a* – зерна и скопления зерен сульфида серебра (1) в общей рудной массе; *б* – скопление изометричных, псевдоромбических зерен карминита (2) в зернистом агрегате мацелелита; *в* – скопление псевдоромбических зерен арсенопирита, с поверхности замещаемого мацелелитом; *г* – зерна арсенопирита в рубашке из скородита (4) и сульфида серебра (1), лежащие на крупном кристалле пирита; *д* – псевдокубические кристаллы арсенопирита, замещенные с поверхности мацелелитом (3), мелкие каплевидные включения в мацелелите – ялпаит (6); *е* – каплевидные включения галенита в кубических кристаллах пирита. Усл. обозначения на снимках: 1 – сульфид серебра (Ag_2S); 2 – карминит; 3 – мацелелит; 4 – скородит; 5 – фрейбергит; 6 – ялпаит; 7 – англезит; Cv – ковеллин; Ser – серицит; Ару – арсенопирит; Py – пирит; Gn – галенит. Снимки получены на СЭМ в режиме ВЕС

зернами и образует рубашки на них (преимущественно на скородите и арсенопирите). Хороший пример иллюстрирует рис. 3, *в*, где сульфид серебра проходит тонкой жилкой между зернами арсенопирита и местами заполняет оставшееся пространство. В литературе он описан как аргентит [1], но это касается минерала кварцевых жил в метасоматитах исследуемого месторождения. В аргиллитах точная температура образования минерала пока не установлена, а значит, минеральный вид нельзя точно диагностировать без применения специальных методов анализа.

Ялпаит (Ag_3CuS_2) встречается намного реже сульфида серебра, образует тонкие вкрапленники (4–5 мкм) каплевидной формы в мацелитовой рубашке арсенопирита (рис. 3, *д*), содержит небольшие примеси Fe и As.

Фрейбергит наблюдается в формах, близких к тетрагональным (треугольные сечения, рис. 3, *з*), размер зерен достигает 20 мкм. Как и арсенопирит, этот минерал покрывается рубашкой из Ag_2S . Часто ассоциирует с арсенопиритом и пиритом, содержит небольшую примесь цинка.

Арсенат Ag и Pb является продуктом вторичного изменения сульфидов. Он довольно редкий и встречается в виде маленьких (1–2 мкм) немного удлинённых зерен в ассоциации с зернистым агрегатом карминита.

Серебросодержащий ковеллин образует тонкопластинчатые агрегаты размером до 200 мкм. Содержание примеси серебра в минерале значительно (достигает 9 %).

Среди вторичных минералов лишь один содержит серебро. Это скородит ($\text{Fe}(\text{AsO}_4) \times 2\text{H}_2\text{O}$), который, как уже отмечалось ранее, развивается по арсенопириту, образуя окислительную корочку толщиной до 5–6 мкм. Содержание серебра в минерале достигает 7 %. Наблюдаются примеси свинца и серы.

Более активно арсенопирит замещается, предположительно, мацелитом ($\text{Ca}_2\text{Fe}_3[\text{AsO}_4]_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), который образует корочки на поверхности и по трещинам первого, а то и вовсе может полностью замещать кристаллы, формируя тонкозернистые псевдоромбические агрегаты размером до 1 мм (рис. 3, *в, д*).

Карминит ($\text{PbFe}_2[\text{AsO}_4]_2(\text{OH})_2$) в аргиллите наблюдается исключительно в виде скоплений и агрегатов зерен псевдоромбической и призматической форм, размером 5–8 мкм (рис. 3, *б*). Иногда образует радиально-лучистые агрегаты. Встречается редко. Находится в тесной ассоциации с мацелитом.

Таким образом, в результате исследования в аргиллитах Кирченовского месторождения установлено 12 рудообразующих минералов, в том числе 6 серебряных и серебросодержащих. Ведущими минералами серебра выступают сульфид Ag_2S , в подчинённом количестве присутствуют фрейбергит и ялпаит, редко – арсенат Ag и Pb, а также серебросодержащий скородит. Все эти минералы (за исключением фрейбергита) вторичные, образовались в результате гипергенного процесса изменения основных сульфидов. Причём главным рудным минералом является сульфид серебра – самая поздняя генерация, которая формируется после вторичного изменения сульфидов (тонкая «оболочка» Ag_2S вокруг скородита с арсенопиритом).

Ранее серебряная минерализация аргиллитов Кирченовского месторождения не была изучена ни в спектральном, ни в минеральном отношениях. На данный момент аргиллиты можно считать самыми богатыми, после кварцевых жил, рудами месторождения, которые требуют дальнейшего изучения. В минеральном аспекте два минерала (сульфид серебра, арсенат серебра и свинца) не были определены. Для их идентификации необходимы исследования с применением других методов анализа. Детальное изучение аргиллитов может привести к открытию концептуально нового типа золото- и серебросодержащих пород.

Авторы выражают признательность д-ру геол.-минер. наук Л.А. Изосову за содействие в подготовке статьи к публикации.

В.К. ЛЕКСИН

Выявление геологических опасностей на Южно-Киринском нефтегазоконденсатном месторождении (шельф острова Сахалин)

На Южно-Киринском нефтегазоконденсатном месторождении (шельф о-ва Сахалин) с 2010 г. выполнялась сейсморазведка высокого разрешения с целью выбрать безопасные места для постановки буровых платформ. Использовалось продольное профилирование отраженными волнами с 48-кратным перекрытием отражающих горизонтов. Для получения качественных сейсмических мигрированных разрезов разработан единый алгоритм обработки сейсмических данных для морских площадей Южно-Киринского нефтегазоконденсатного месторождения. Обработаны данные сейсмических разрезов общей протяженностью более 8 тыс. км. По каждому горизонту проведен динамический анализ максимальной и минимальной пиковых амплитуд. Выявленные аномалии в процессе интерпретации сейсмических разрезов нанесены на карту геологических опасностей для постановки буровых платформ.

Ключевые слова: сейсморазведка высокого разрешения, сейсмический разрез, интерпретация, амплитудные аномалии, геологические опасности.

Identification of geological hazards of the South-Kirinskoye oil and gas condensate field (shelf of the Sakhalin Island). V.K. LEKSIN (Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk; JSC «Pacific Engineering Company», Yuzhno-Sakhalinsk)

Since 2010, the South-Kirinskoye oil and gas condensate field (shelf of the Sakhalin Island) has carried out high resolution seismic surveys to search for geological hazards in order to choose a safe location for the drilling platform. Longitudinal profiling of reflected waves with a 48-fold overlap of the reflecting horizons was applied. To obtain high-quality seismic migrated sections, the unified algorithm for processing seismic data for the offshore areas of the South-Kirinskoye oil and gas condensate field was developed. Seismic sections data of more than 8,000 km were processed. For each horizon, dynamic analysis of maximum peak amplitude and minimum peak amplitude was carried out. In the process of seismic sections interpretation all identified anomalies were gathered in the geological hazards map to select safe location of drilling platforms.

Key words: high resolution seismic survey, seismic section, interpretation, amplitude anomalies, geological hazards.

Введение

В практике нефтегазодобычи известны случаи аварий на буровых платформах в морских акваториях, причиной которых стало отсутствие достаточных инженерно-геологических изысканий на месторождениях. Для определения безопасных мест установки буровых платформ используется сейсморазведка высокого разрешения, являющаяся основным оптимальным методом в морской инженерной геофизике. По результатам такой сейсморазведки составляются карты геологических опасностей (рисков) эксплуатации

ЛЕКСИН Василий Константинович – аспирант (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск); инженер-геофизик I категории (АО «Тихоокеанская инжиниринговая компания», Южно-Сахалинск).
E-mail: lex-vasya@mail.ru

буровых установок, связанных с геологическими особенностями того или иного месторождения.

Основой для интерпретации и создания карты геологических опасностей на Южно-Кириинском нефтегазоконденсатном месторождении послужили сейсмические данные, полученные в 2010–2017 гг. Сейсморазведка высокого разрешения [2] осуществлялась по методике продольного профилирования отраженными волнами с 48-кратным перекрытием отражающих горизонтов. Пройдено свыше 8 тыс. погонных километров по профилям с сетью 100×500 м при скорости судна 3,5–4,5 узла относительно воды по судовому лагу. Сейсмические данные обработаны по единому алгоритму [5] для всех площадей исследования в пределах месторождения (рис. 1) с целью повышения качества и точности обработки и картирования. Обработка данных выполнялась по методу общей глубинной точки [3, 10, 12, 15]. Применялся программный пакет Landmark ProMAX.

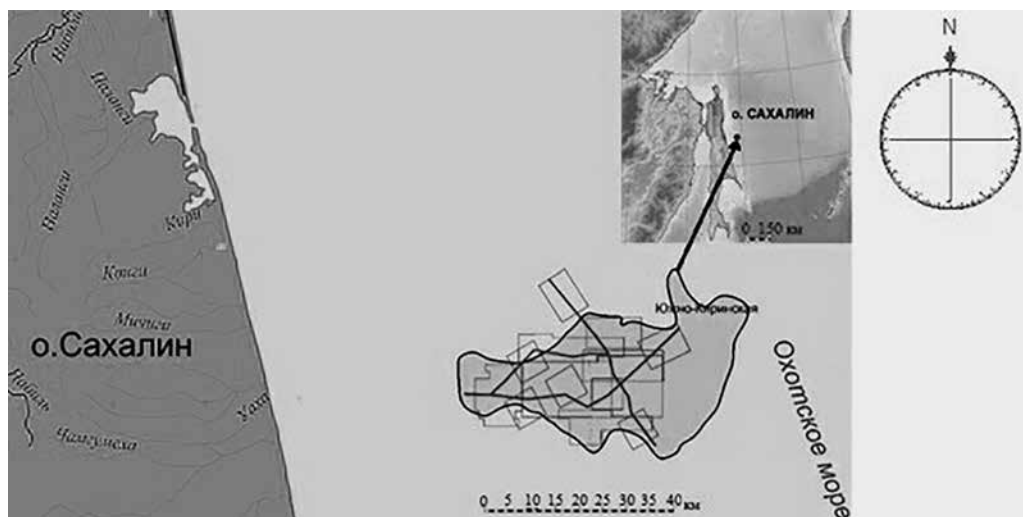


Рис. 1. Обзорная карта исследований сейсморазведки высокого разрешения в пределах Южно-Кириинского нефтегазоконденсатного месторождения

Задачей данной статьи является анализ результатов сейсмической разведки Южно-Кириинского нефтегазоконденсатного месторождения с целью определения площадей, в пределах которых повышается эксплуатационный риск установки буровых платформ.

Геологическое строение Южно-Кириинской антиклинали

Южно-Кириинское нефтегазоконденсатное месторождение приурочено к одноименному внутрибассейновому поднятию, разделяющему Северо-Сахалинский и Мынгинский прогибы. Поднятие является погребенным выступом акустического фундамента размером 65×15 км, в рельефе которого изогипсами -3600 и -4800 м выделены восточный и западный купола [8]. Асимметричное по форме поднятие протягивается в субширотном направлении. Его куполовидный свод смещен на восток. Восточная периклиналь свода короткая, западная – пологая удлиненная, осложнена субмеридиональным сбросом, развивающимся с плиоцена. Этот сброс разделяет Южно-Кириинскую и Кириинскую антиклинали и характеризуется вертикальной амплитудой смещения по поверхности фундамента до 2 км. В северном крыле поднятия отмечаются малоамплитудные сбросы длиной 4–10 км. Южное крыло более крутое в сравнении с северным. Но в целом углы наклона северного и южного крыльев структуры на уровне несогласного залегания уйнинского и дагинского горизонтов составляют $1,5\text{--}2,00^\circ$. Шарнир складки погружается в восточном

направлении под углом $1,50^\circ$, в западном – под углом $1,00^\circ$. Свод складки, западная периклиналь, южное крыло структуры осложнены нарушениями сбросового типа субширотной и северо-западной ориентировки с амплитудами смещения 10–20 м. Относительно кровли даехуриинского горизонта (палеогеновый комплекс) на сейсмических разрезах наблюдается смещение сводов вышележащих горизонтов в северо-западном направлении. В течение среднего и позднего плиоцена продолжался рост Южно-Кириинской структуры, ее свод непрерывно воздымался, сохраняя положение, аналогичное современному [9].

К началу формирования нижненутовских отложений (поздний миоцен) вертикальные тектонические движения в пределах Южно-Кириинской и Мынгинской структур прекратились. Это отличает их от структур северо-восточного шельфа Сахалина, в котором главный этап формирования всех крупных структур и связанных с ними месторождений пришелся на конец миоценового времени, главным образом на плиоцен. Таким образом, на фоне структур северо-восточного шельфа Сахалина Южно-Кириинское и Мынгинское поднятия являются более древними образованиями, относящимися к ранним периодам тектонического развития бассейна [9]. Однако в плиоцене происходили меридиональные сдвиги и растяжения, обусловленные широтным сжатием. При этих движениях отдельные разрывы вспороли верхненутовские отложения. В результате тектонические нарушения присутствуют по всей толще разреза – от фундамента до нутовских отложений.

Стратиграфия

Стратиграфическая схема мезокайнозойских отложений северо-восточного шельфа Сахалина, включая Южно-Кириинское месторождение углеводородов, дана согласно [7] и результатам глубокого бурения в районе Лунской, Кириинской, Южно-Кириинской структур [8, 11].

В строении Южно-Кириинской структуры выделены мезозойский акустический фундамент и кайнозойский осадочный чехол. Фундамент сложен вулканогенно-кремнистыми терригенными отложениями позднемелового возраста, вскрытыми на Полярниинской и Нампинской площадях [1]. Несогласное наложение раннекайнозойских отложений на поверхность акустического фундамента соответствует крупной структурной перестройке региона в период ларамийской фазы складчатости. Акустический фундамент на сейсмических разрезах выделяется по высокоамплитудному двухфазному отражению с налеганием на него вышезалегающих отражающих границ.

В пределах Южно-Кириинской антиклинальной складки наиболее древняя даехуриинская свита (эоцен–олигоцен) представлена кремнистыми аргиллитами и алевролитами с маломощными прослоями вулканогенных песчаников и включениями гравия, гальки (следами ледового разноса). На сейсмической записи внутренний облик даехуриинской свиты (горизонта) характеризуется широким спектром отражений: от субпараллельных до хаотических, что свидетельствует о широком диапазоне обстановок осадконакопления – от прибрежно-морских до глубоководных.

На отложениях палеогена согласно залегают осадочные породы уйнинской свиты (ранний миоцен), сформированные алевроитоглинистыми и песчаными отложениями морских фаций, насыщенных тонкими линзами и прослоями хорошо отсортированных песчаников.

Согласно залегающая на отложениях уйнинской свиты дагинская свита (раннесредний миоцен) представлена переслаиванием песчаных и алевроитопесчаных пластов и глинистых прослоев. В скважине Кириинская-1 дагинский горизонт вскрыт в интервале 2800–3482 м. На Южно-Кириинской площади верхнедагинский подгоризонт, сформированный песчаными отложениями, выклинивается в восточном направлении. Он наиболее перспективен в нефтегазовом отношении.

Окобыкайский горизонт трансгрессивно перекрывает отложения уйнинско-дагинского сейсмокомплекса. Среднемиоценовые осадочные породы этого горизонта,

сформированные в условиях крупнейшей за кайнозойскую историю трансгрессии моря и являющиеся глубоководными по своему генезису, сложены алевроитовыми глинами, глинистыми алевролитами с небольшим количеством песчаных пластов различной мощности [11]. На сейсмических разрезах нижняя часть комплекса фиксируется как акустически прозрачная толща с прерывистыми малоинтенсивными отражениями, характерными для однородных глинистых отложений, накапливающихся при крупной трансгрессии.

Нижненутовские отложения, регрессивно залегающие на окобыкайской толще, сформировались в период раннеплиоценового повышения уровня моря. Они состоят из ритмически переслаивающихся слаболитифицированных тонких прослоев алевролитов с темно-серыми глинами, мощность которых незначительно увеличивается вверх по разрезу. В пределах Южно-Киринской структуры к нижненутовскому комплексу относятся глинисто-алевроитовые отложения глубокого шельфа.

Отложения верхненутовского комплекса (средний плиоцен – ранний плейстоцен) имеют существенную литолого-фациальную изменчивость и представлены чередующимися разномасштабными песчаниками, гравелитами с галечным материалом, алевроитопесчаниками, диатомовыми глинами. На Южно-Киринском месторождении верхненутовский подгоризонт состоит из глинисто-алевролитовых отложений глубокого шельфа.

Верхнюю часть осадочного чехла месторождения слагают охотско-дерюгинские отложения позднеплиоцен-четвертичного возраста, которые в скважине Южно-Киринская-1 представлены пачкой типично шельфовых алевроитопесчаных седиментов, состоящих из рыхлых песков с включениями гальки, гравия, диатомовых глин. Эти отложения формировались на глубоководном шельфе, переходящем в подводный склон в условиях новейшей тектонической активности, сопровождающейся позднеплиоцен-плейстоценовыми складчатостями движениями.

Интерпретация сейсмических разрезов

Для интерпретации сейсмических данных использовался программный комплекс LMKR GeoGraphix.

Интерпретация данных осуществлялась по следующему алгоритму процедур:

- 1) загрузка полного объема обработанных сейсмических данных в программный комплекс;
- 2) увязка сейсмических данных между собой. В качестве опорных были выбраны связующие профили;
- 3) выбор сейсмогеологической модели. Для интерпретации данных выбрана модель из 13 сейсмических комплексов, разделенных 13 отражающими горизонтами (рис. 2). Эта модель позволила наиболее подробно описать потенциально опасные объекты для выполнения буровых работ. Сейсмические разрезы охватывают верхнюю часть осадочного чехла, представленную охотско-дерюгинскими отложениями позднеплиоцен-четвертичного возраста. Отражающий горизонт (Sg12) был использован для проецирования на него разрывных нарушений и выноса их на карту геологических опасностей;
- 4) пикировка разрывных нарушений по каждой площади;
- 5) определение разрывных нарушений, для которых наблюдается выход в приповерхностные толщи пород (от дна до 300 м) и имеются признаки миграции флюидов. При наличии одного или обоих признаков разрывное нарушение классифицируется как потенциально опасное;
- 6) пикировка отражающих горизонтов (согласно выбранной модели) по каждой площади;
- 7) для выделения потенциально опасных объектов по каждому горизонту был проведен динамический анализ, включая оценку максимальной и минимальной пиковых амплитуд. Результатами анализа стали соответствующие наборы данных по каждой

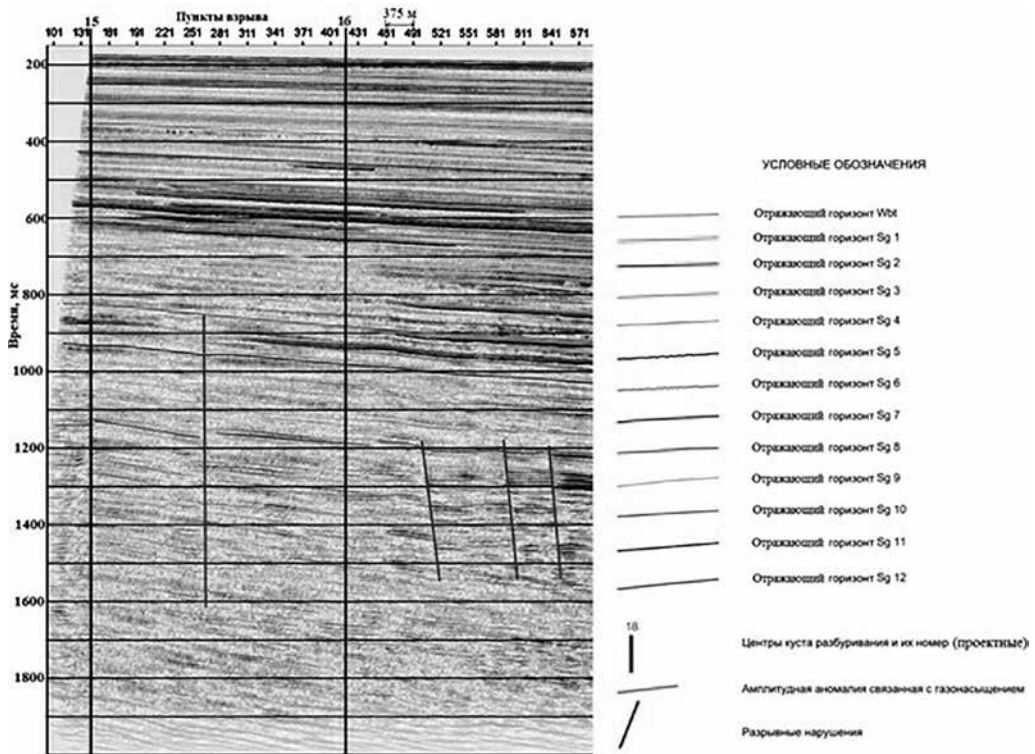


Рис. 2. Фрагмент сейсмического мигрированного временного разреза с выделенными отражающими горизонтами

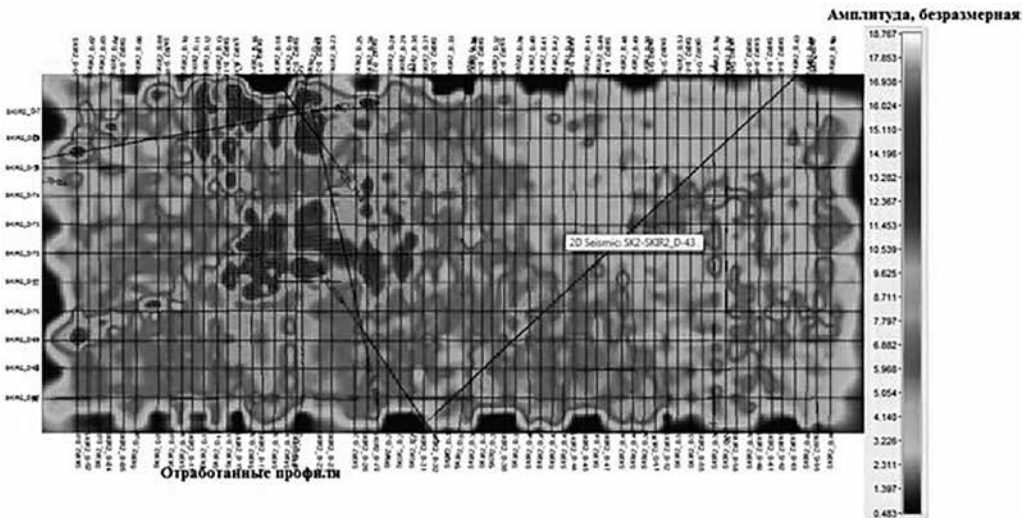


Рис. 3. Пример распространения динамической характеристики с наложенной схемой отработанных профилей. Максимальная пиковая амплитуда по сейсмическому горизонту с отражающими горизонтами Sg5–Sg6

площади и каждому исследованному горизонту. Пример динамического анализа показан на рис. 3;

8) изучение и систематизация аномалий, полученных в ходе амплитудного анализа; выявление помимо амплитуды четырех признаков: смены фазы, наличия питающего канала, снижения частоты, наличия искажения (ложного прогибания) всех нижележащих

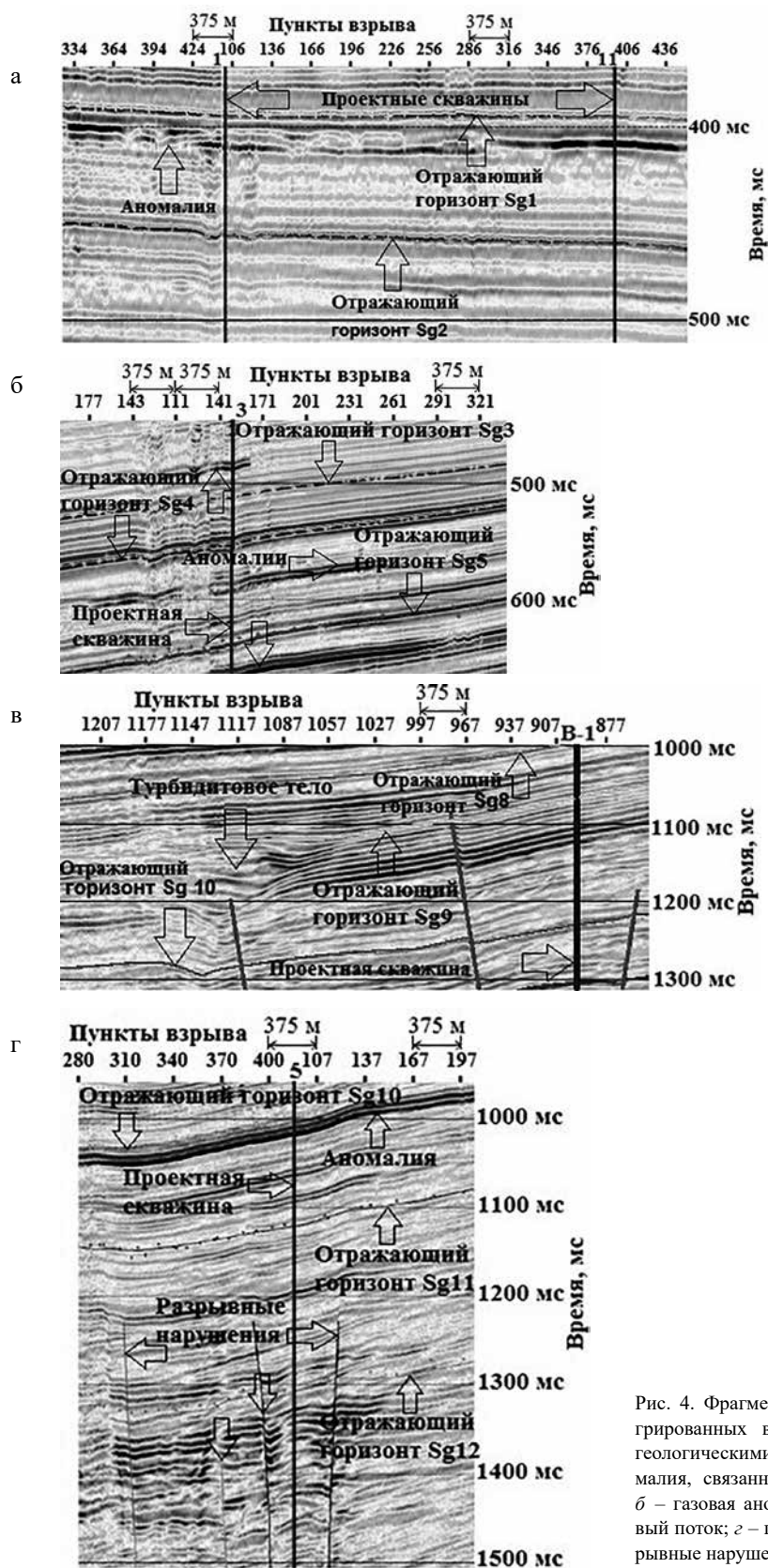


Рис. 4. Фрагменты сейсмических мигрированных временных разрезов с геологическими аномалиями: *а* – аномалия, связанная с газонасыщением; *б* – газовая аномалия; *в* – турбидитовый поток; *г* – газовая аномалия и разрывные нарушения

границ, свидетельствующих о возможном наличии газа [13]; систематизация и классификация амплитудных аномалий согласно указанным признакам; определение степени вероятной опасности для проведения буровых работ;

9) построение сводной карты зон газопроявлений и карты проекции разрывных нарушений на отражающий горизонт Sg12;

10) вынос всех обнаруженных геологических опасностей на карту.

Ранее было установлено, что на шельфе о-ва Сахалин основными геологическими опасностями при установке буровых платформ являются газовые эманиции и разрывные нарушения [4, 6, 14]. Детальный анализ сейсмических разрезов в пределах Южно-Кириинского нефтегазоконденсатного месторождения показал наличие большого количества амплитудных аномалий разной мощности и размеров. Типичными для месторождения аномалиями являются зоны газопроявлений, разрывные нарушения и турбидитовый поток.



Рис. 5. Карта геологических опасностей на Южно-Кириинском нефтегазоконденсатном месторождении по данным сейсморазведки высокого разрешения. 1–11 – зоны газопроявлений отражающих горизонтов: 1 – wbt–Sg1, глубина 10–55 м от морского дна, 2 – Sg1–Sg2, глубина 30–100 м, 3 – Sg2–Sg3, глубина 150–180 м, 4 – Sg3–Sg4, глубина 180–210 м, 5 – Sg4–Sg5, глубина 160–280 м, 6 – Sg5–Sg6, глубина 210–330 м, 7 – Sg6–Sg7, глубина 260–410 м, 8 – Sg7–Sg8, глубина 340–440 м, 9 – Sg8–Sg9, глубина 380–500 м, 10 – Sg9–Sg10, глубина 440–650 м, 11 – Sg10–Sg11, глубина 570–720 м; 12 – разрывные нарушения; 13 – контур фронтальной части турбидитового потока; 14 – пробуренные скважины и их номера; 15 – проектные скважины и их номера

Примеры фрагментов сейсмических разрезов с геологическими опасностями показаны на рис. 4, а–г.

В результате обработки и интерпретации сейсмических данных построена карта геологических опасностей в пределах Южно-Киринского нефтегазоконденсатного месторождения (рис. 5).

Выводы

Сейсморазведка высокого разрешения показала высокую эффективность для определения геологических опасностей на Южно-Киринском нефтегазоконденсатном месторождении. Интерпретация сейсмических данных позволила с достаточной точностью выделить на сейсмических разрезах следующие геологические объекты: разрывные нарушения, зоны газопроявлений, турбидитовый поток. Все они представляют угрозу при проведении буровых работ, поэтому для более безопасной проходки верхнего ствола скважины в точке проектируемого расположения буровой платформы необходимо исключить участки с наличием указанных геологических проявлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология СССР. Т. 33. Остров Сахалин. Геологическое описание. М.: Недра, 1970. 432 с.
2. Иванов Г.И., Казанин А.Г., Саркисян М.В. Сейсмика высокого разрешения – новый шаг вперед при изучении опасных геологических процессов // Нефть. Газ. Новации. 2016. № 1. С. 65–68.
3. Козлов Е.А. Миграционные преобразования в сейсморазведке. М.: Недра, 1986. 248 с.
4. Ксенофонтова М.А. Выделение инженерно-опасных районов в шельфовой зоне по данным непрерывного сейсмического профилирования на примере работ в Охотском море // Инженерная геофизика: тез. 12-й науч.-практ. конф. и выставки. Анапа: EAGE, 2016. С. 1–6.
5. Лексин В.К., Фетискин Г.Н., Лисковский П.Н., Самарин В.И. Единый алгоритм обработки данных 2D сейсморазведки высокого разрешения для морских площадей Южно-Киринского нефтегазоконденсатного месторождения (шельф о. Сахалин) // Науки о Земле. Современное состояние: материалы 5-й Всерос. молодеж. науч.-практ. шк.-конф. Геол. полигон «Шира», Республика Хакасия, 30 июля–5 авг. 2018 г. Новосибирск: НГУ, 2018. С. 49–51.
6. Миронок С.Г. Геологические опасности осваиваемых месторождений восточного шельфа о. Сахалин: идентификация и принципы картографирования // Вести газовой науки. 2015. № 2 (22). С. 113–117.
7. Решение рабочих Межведомственных региональных стратиграфических совещаний по палеогену и неогену восточных районов России – Камчатка, Корякского нагорья, Сахалина и Курильских островов: Объясн. зап. к стратиграф. схемам. М.: ГЕОС, 1998. 147 с.
8. Рудницкая Е.С. Особенности геологического строения Южно-Киринского антиклинального поднятия (шельф Северо-Восточного Сахалина) // Геология нефти и газа. 2013. № 6. С. 29–37.
9. Рыбальченко В.В., Гоговков Г.Н., Парасына В.С. Условия формирования Южно-Киринского месторождения на шельфе о-ва Сахалин // Геология нефти и газа. 2014. № 4. С. 42–52.
10. Телегин А.Н. Морская сейсморазведка. М.: Геоинформмарк, 2004. 237 с.
11. Харахинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. М.: Науч. мир, 2010. 276 с.
12. Хаттон Л. Обработка сейсмических данных. М.: Мир, 1989. 216 с.
13. Хилтерман Ф.Дж. Интерпретация амплитуд в сейсморазведке. Тверь: ГЕРС, 2010. 256 с.
14. Хоштария В.Н., Мартын А.А., Дмитриев С.Е., Кирпичников А.В., Пятницкий Ю.И. Результаты геологоразведочных работ ООО «Газпромгеологоразведка» на восточном шельфе о-ва Сахалин (Охотское море) // Геология нефти и газа. 2016. № 2. С. 28–37.
15. Sheriff R.E., Geldart L.P. Exploration Seismology. Data-processing and interpretation. L.: Cambridge Univ. Press, 1983. 231 p.

Л.А. ИЗОСОВ, Н.П. КУЛЬКОВ

Геология раннего–среднего палеозоя Япономорской зоны перехода континент–океан (обзор). Ч. 1

На основании обширного, в значительной мере оригинального материала впервые проведена корреляция нижнесреднепалеозойских стратиграфических подразделений местного ранга различных регионов Япономорской зоны перехода континент–океан (ЯЗ): российское Приморье, Северо-Восточный Китай, Корея, Япономорская впадина, Японские острова. Необходимость проведения данного исследования обусловлена прежде всего тем, что накопленные к настоящему времени многочисленные данные по стратиграфии и литологии нижнего и среднего палеозоя различных регионов Япономорской зоны (особенно это относится к Приморью), по существу, остаются неувязанными. Кроме того, выделены стратифицирующиеся и нестратифицирующиеся магматические комплексы этих возрастов, представляющие собой вулканические, субвулканические, вулканоплутонические и плутонические образования. Таким образом, в работе использованы элементы формационного анализа, разработанного Н.С. Шатским и Н.П. Херасковым. В структурах, наложенных на докембрийские массивы, рассматриваемые отложения обычно хорошо прослеживаются по латерали, в то время как в полициклических подвижных поясах они залегают часто в виде олистолитов в мезозойских микститах или крупных ксенолитов в разновозрастных гранитоидах, что создает значительные трудности при их картировании и корреляции. Субмаринные ордовикские, силурийские и девонские отложения ЯЗ накапливались в сходной палеогеографической обстановке практически в одних и тех же седиментационных бассейнах, которые соединялись с центрально-азиатскими, приохотскими и австралийскими морями. Континентальные осадки исследованной территории представлены девонскими толщами, включающими многочисленные растительные остатки, широко распространенные также в Центральном Казахстане, Западной Сибири, Приохотье и Южном Китае. В результате проявления Японского окраинного моря нижне- и среднепалеозойские отложения в ЯЗ во многих случаях были сильно дислоцированы и хорошо сохранились в основном в пределах остаточных докембрийских массивов.

Ключевые слова: ордовик, силур, девон, Япономорская зона перехода континент–океан.

Early – Middle Paleozoic geology of the Japan Sea Continent – Ocean Transition Zone (review). Pt 1.
L.A. IZOSOV (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok), N.P. KULKOV (Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk).

On the basis of extensive, to a large extent, the original material a correlation of the Lower – Middle Paleozoic local-rank stratigraphic divisions of various of the Japan Sea Continent – Ocean Transition Zone (OZ). The Russian Primorye, Northeast China, Korea, the Japan Sea Depression, Japan Islands – correlation is carried out for the first time. The need for this study is primarily due to the fact that the accumulated to date, numerous data on stratigraphy and lithology of the Lower and Middle Paleozoic regions of the Japan Sea zone (especially in Primorye), in fact, remain not linked.

*ИЗОСОВ Леонид Александрович – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток), КУЛЬКОВ Николай Петрович – доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск). *E-mail: donkifa@mail.ru

Работа выполнена по программе ФНИ ТОИ ДВО РАН (тема 0271-2019-0005) и при финансовой поддержке Комплексной программы ДВО РАН «Дальний Восток» на 2018–2020 годы (проект № 18-1-008).

In addition, the stratified and non-stratified magmatic complexes of these ages, representing volcanic, subvolcanic, volcano-plutonic and plutonic generations are allocated. Thus, elements of the formational analysis, developed by N.S. Shatsky and N.P. Heraskov are used in the work. In the structures superimposed on Precambrian Massifs, considered sediments are usually well traced along the strike, while in Polycyclic Mobile Belts they lie down often in the form of olistoliths in Mesozoic mixites or in large xenoliths in uneven-age granites, that creates considerable difficulties at their mapping and correlations. Submarine Ordovician, Silurian and Devonian sediments of JZ accumulated in similar paleogeographic conditions, practically in the same sediment basins, which incorporated to the Central-Asian Sea, the Sea of Okhotsk and the Australian Sea. Continental deposits of the investigated territory are presented by the Devonian strata, including the numerous vegetative remnants, widespread as well in the Central Kazakhstan, Western Siberia, Okhotsk Region and in Southern China. As a result of the display of intensive Mesozoic-Cenozoic tectonic genesis and tectonic opening of the margin Japan Sea, Lower and Middle Paleozoic sediments in JZ in many cases have been strongly dislocated and have well remained, basically, within residual Precambrian Massifs.

Key words: Ordovician, Silurian, Devonian, Japan Sea Continent – Ocean Transition Zone.

Введение

В предлагаемой статье впервые проведена корреляция ордовикских, силурийских и девонских стратиграфических подразделений местного ранга, а также нерасчлененных кембрийско-ордовикских отложений различных регионов Япономорской зоны перехода континент–океан (ЯЗ). Выделены стратифицирующиеся и нестратифицирующиеся магматические комплексы этих возрастов, представляющие собой вулканические, субвулканические, вулканоплутонические и плутонические образования.

ЯЗ представляет значительный интерес для исследователей геологии и тектоники Восточной Азии, поскольку в ней сочленяются Китайская платформа и Тихоокеанский складчатый пояс [28] (российское Приморье, Северо-Восточный Китай, Корея, Япономорская впадина, Японские острова). Раннесреднепалеозойские образования формировались в различных геодинамических обстановках, фиксирующих важнейшие этапы геологической истории данного региона. Так, в структурах, наложенных на докембрийские массивы, отложения этого возраста обычно хорошо прослеживаются по латерали, в то время как в полициклических подвижных поясах они залегают часто в виде олистолитов в мезозойских микститах или крупных ксенолитов в разновозрастных гранитоидах, что создает значительные трудности при их картировании и корреляции. Известны многочисленные случаи нахождения палеонтологически охарактеризованных отложений этого возраста в виде тектонических пластин и блоков в юрско-раннемеловых олистостромах, развитых в покровно-складчатых системах и зонах [8, 16, 41].

Морские ордовикские, силурийские и девонские отложения ЯЗ накапливались в сходных палеогеографических обстановках – практически в одних и тех же седиментационных бассейнах, которые соединялись с центрально-азиатскими, приохотскими и австралийскими морями. Континентальные осадки исследованной территории представлены девонскими толщами, включающими многочисленные растительные остатки, широко распространенные также и в Центральном Казахстане, Западной Сибири, Приохотье и Южном Китае. В процессе развития в Восточной Азии и Австралии интенсивного мезозойского–кайнозойского тектогенеза и раскрытия Японского окраинного моря ниже- и среднепалеозойские отложения в ЯЗ во многих случаях были сильно дислоцированы и хорошо сохранились в основном в пределах остаточных докембрийских массивов.

Следует подчеркнуть, что при работе со стратиграфическими материалами приходилось учитывать то, что в Японии, Южной Корее и Китае – по американскому образцу – для местных стратиграфических подразделений используются термины: 1) formation, 2) suite, 3) strata, 4) group, 5) series, которые обычно соответствуют отечественным «свита» (1, 2), «толща» (термин свободного пользования) (3), «серия» (4, 5).

В связи с тем что авторы при работе над рассматриваемой проблемой привлекли огромный фактический материал, возникла необходимость изложить полученные данные в двух статьях. В первой излагаются цели и задачи исследований, а также обсуждаются их основные результаты. Вторая, которую также планируется опубликовать в журнале

«Вестник ДВО РАН», посвящается детальному описанию разрезов нижнего–среднего палеозоя ЯЗ, что будет интересно исследователям региональной стратиграфии Западно-Тихоокеанского региона.

Цели и задачи

Целью настоящего исследования является обобщение фундаментальных данных по геологии нижнего–среднего палеозоя ЯЗ, в пределах которой выделяются дорифейские параплатформы и их фрагменты, спаянные полициклическими мобильными зонами [16]. Эти тектонические элементы разграничены региональными разломными системами близширотного («азиатского») и северо-восточного («тихоокеанского») направлений (см. рисунок).

Задачи, которые необходимо было решить, включали в первую очередь четкую корреляцию стратиграфических подразделений нижнего–среднего палеозоя в следующих регионах ЯЗ: российское Приморье, Северо-Восточный Китай, Корейский полуостров, Япономорская впадина и Японские острова. Кроме того, нужно было увязать между собой раннесреднепалеозойские нестратифицирующиеся образования этих регионов для получения полной картины геологического развития ЯЗ.

Исходные материалы и методы исследований

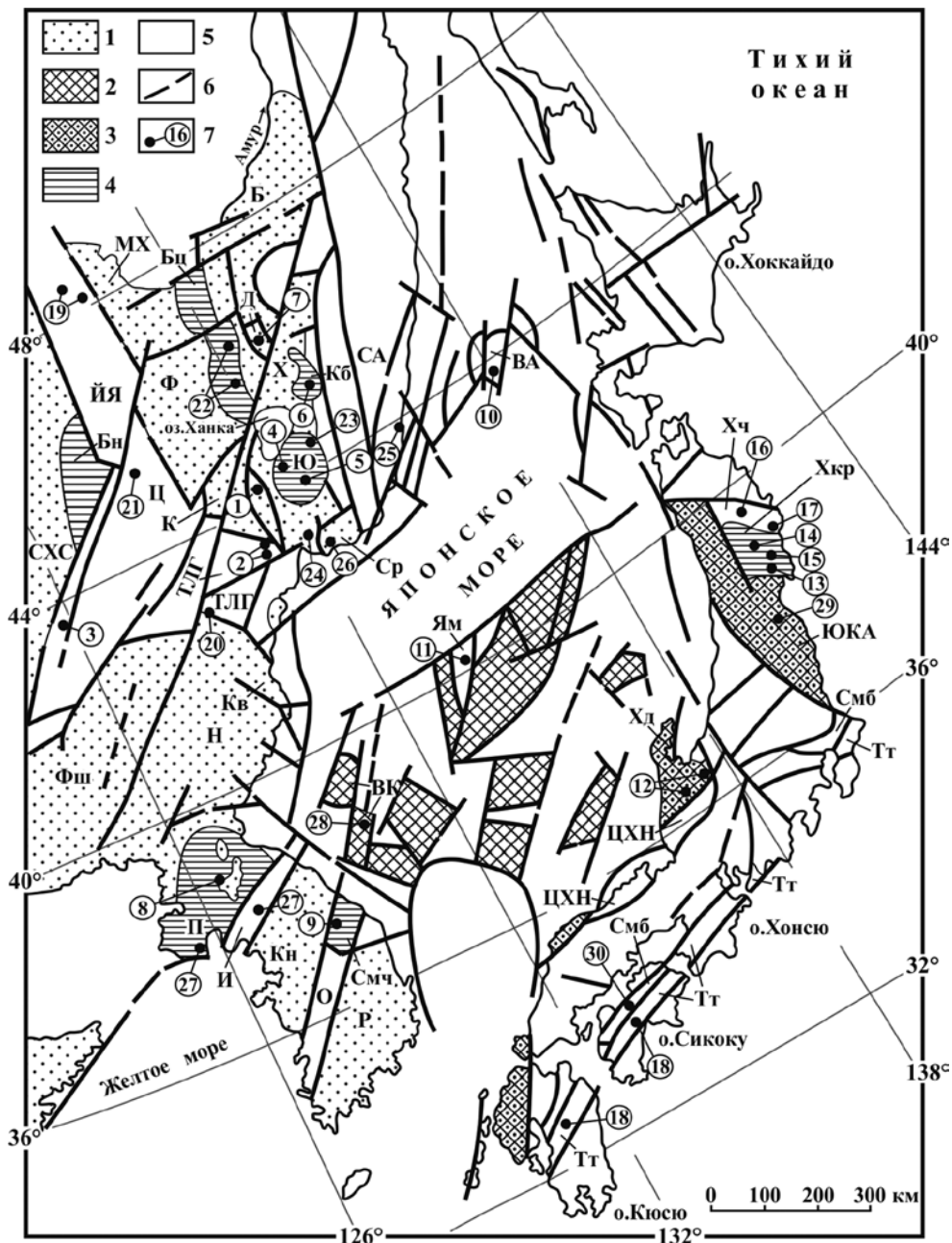
Для решения поставленных задач авторы применили комплексный подход к исследованию многочисленных и разнообразных исходных материалов по геологии ЯЗ. Основным методическим приемом в данном исследовании было проведение межрегиональной корреляции разрезов ордовикских, силурийских и девонских отложений в пределах ЯЗ, а также связанных с ними разновозрастных нестратифицирующихся магматических образований. Таким образом, в работе использованы элементы широко известного в российской геологической науке формационного анализа, разработанного Н.С. Шатским и Н.П. Херасковым.

Этот метод исследований показал, что ранне- и среднепалеозойские комплексы, включающие стратифицирующиеся и нестратифицирующиеся образования, в ЯЗ слагают: 1) чехол и наложенные структуры дорифейских кристаллических сооружений, 2) рифтогенные зоны [8, 14, 16, 18]. В первом случае они представлены континентальными и мелководными морскими терригенными, часто слабоугленосными и терригенно-карбонатными, терригенно-вулканогенными и вулканогенными формациями, а во втором – глубоководными морскими и океаническими кремнисто-карбонатно-вулканогенными (базитовыми и базит-гипербазитовыми) ассоциациями. Наложённые структуры (центрального типа) представляют собой связанные взаимными переходами осадочные и вулканогенно-осадочные прогибы, изометрические многокольцевые вулканотектонические депрессии, входящие в состав вулканогенных окраинно-континентальных поясов, которые маркируют палеозоны перехода континент–океан [7, 13, 16, 19].

Для всех них характерны германотипные тектонические структуры (по Г. Штилле), представленные брахиформными, коробчатыми и другими складками штампового типа. В рифтогенных зонах длительного развития, как правило, представляющих собой альпинотипы, силурийские и девонские отложения вместе с более древними и молодыми породами смяты в изоклиналильные складки и формируют чешуйчато-надвиговые структуры, а также тектонические покровы.

ЯЗ в раннем палеозое большей частью развивалась в режиме карбонатной платформы, хотя в ее пределах и функционировали рифтогенные зоны [14]. В среднем палеозое она входила в состав Западно-Тихоокеанской активной континентальной окраины, протягивавшейся от Чукотки до о-ва Тасмания [8, 16].

В ордовике в Корее, Японии и Северо-Восточном Китае на обширных территориях накопились мощные терригенно-карбонатные формации, в которых господствуют известняки и доломиты [32, 34]. Однако в отдельных ее районах проявились процессы активизации – заложилась и развивались рифтогенные зоны, вулканогенно-осадочные прогибы и наложенные впадины, выполненные индикаторными формациями: офиолитовой, кимберлитовидной, спилит-кератофировой и молассовой [13, 16, 31, 32, 39]. В это же время происходило становление огромных массивов гранитоидных батолитов, с которым связывается общее воздымание Китайской платформы [1]. То есть ордовик знаменует собой, во-первых, этап окончательной консолидации Китайской платформы, а во-вторых, один из начальных этапов ее раздробления и распада, достигшего своего апогея в среднем палеозое [3, 28].



Наиболее представительная океаническая рифтогенная зона описана в Японии, где в северной части докембрийского массива Южный Китаками выделяется тектонический пояс Хаячине с ярко выраженной альпинотипной структурой, в котором развит одноименный офиолитовый комплекс раннесреднеордовикского возраста [31, 39]. С докембрийскими породами (метаморфитами серии Хасадаенайгава) офиолиты контактируют по разломам.

В Северо-Восточном Китае известны [39] ордовикские штоки и дайки базит-гипербазитов, представляющие 1-ю фазу позднекаледонского интрузивного комплекса и фиксирующие узкую континентальную рифтогенную зону. Приблизительно в это же время – в кембрии–ордовике – там начала развиваться Цзилинь-Хэйлуцзянская подвижная область, в которой накапливались вулканогенные толщи среднего–основного и кислого состава с изотопным возрастом 542 ± 16 млн лет. Китайские геологи рассматривают эти магматиты как океанические и островодужные образования. В позднем ордовике магматический очаг мигрировал в верхние части сиалической коры, и в результате образовались гранитоидные батолиты.

Возможно, уже в позднем ордовике сформировались базит-гипербазитовые дайки, секущие позднекембрийские граниты, и габброиды с ксенолитами перидотитов Вознесенского района Приморья, что свидетельствует о наличии здесь крупной глубинной очаговой зоны основного состава [13, 16]. Можно полагать, что в Приморье, судя по незначительным масштабам проявления базит-гипербазитового магматизма и его характерному структурному контролю (зона глубинного разлома), рифтогенез с разрывом континентальной коры в ордовике развивался слабо. В то же время в этом регионе активно проявились орогенические движения, в результате которых накопилась мощная (4310 м) ордовик-силурийская моласса (даубихезская свита) и заложилась протяженные рифты, активно функционировавшие в раннем силуре.

Главным событием ордовикского времени в ЯЗ, несомненно, является становление гранитных батолитов, которые выявлены во всех ее регионах в пределах докембрийских блоков. В Приморье развитию батолитового магматизма предшествовало проявление позднекембрийского вулканоплутонического комплекса, включающего ультракислые



Схема размещения нижнесреднепалеозойских отложений и нестратифицирующихся образований в Япономорской зоне перехода континент–океан.

1–3 – докембрийские структуры: 1 – структуры континентального обрамления Японского моря: Сингай–Бурей блокочный регион (массивы Сяо Хинганлинг–Сонгнен (СХС), Малохинганский (МХ), Буреинский (Б), Фэншуйлинский (Ф), Ханкайский (Х), Кэнтэйский, или Лаоэлинский (К), и Дахэчжэньский (Д)), Сино-Корейская параплатформа (массивы Фушуньский (ФШ), Кванмоский (Кв), Наннимский (Н) и, предположительно, Сергеевский (Ср)), параплатформа Янцзы (массивы Кенгийский (Кн) и Реннамский, или Собэксанский (Р)); 2 – блоки Япономорской впадины, в том числе Восточно-Корейский (ВК), предположительно относящиеся к параплатформе Янцзы; 3 – массивы Японских островов, относящиеся к параплатформе Янцзы: Южный Китаками–Абукума (ЮКА), Хида (Хд);

4 – наложенные структуры: прогибы Кабаргинский (Кб), Пхеннамский (П), Самчхокский (Смч), Хикорончи (Хкр), Южно-Синегорская впадина (Ю), глыбово-складчатые пояса Баоцинский (Бц) и Биндонгский (Бн);

5 – полициклические покровно-складчатые системы и зоны: каледонско-яньшаньские: Йичун–Яньшоу (ЙЯ), Цзилинь-Хэйлуцзянская с зонами Цзилиньской (Ц) и Туманган-Лаоэлин-Гродековской, или Яньбяньской (ТЛГ), возвышенности Витязя–Алпатова (ВА) и Ямато (Ям); яньшаньская Сихотэ-Алинская (СА); Корейская с зонами индосинийской Имджинганской (И) и раннеяньшаньской Окчхонской (О); Японская с зонами каледонской Циркум-Хида–Нагато (ЦХН), раннеяньшаньскими, в том числе Самбагава (Смб) и Титибу (Тт), и офиолитовой зоной Хаячине (Хч);

6 – главные разломы, установленные и предполагаемые;

7 – номера разрезов нижнесреднепалеозойских отложений: Кордонка (1), Шифень–Гаошань (2), Жангцзиатунь–Эрдаогоу (3), Малые Ключи (4), Синегорье (5), Кабарга (6), Дахэчжэнь (7), Коксан–Волянгри (8), Хэдонгри (9), возвышенности Витязя–Алпатова (10), Ямато (11), Хитоегане и Кийоми-Фукудзи (12), Нагасака (13), Сетаман (14), Хикорончи (15), Хаячине (16) Камаиши (17); Гион-яма–Йококура-яма (18), Йичун–Яньшоу (19), Ляонин (20), Цзилинь (21), Хэйтай (22), Озерное (23), Артем (24), Фудинов Камень (25), Находка (26), Имджинган (27), Восточно-Корейский (28), Сона (29), Самбагава (30)

литий-фтористые граниты повышенной калиевоности, образовавшиеся в геодинамической обстановке «рассеянного рифта» и относящиеся к типу магматитов «горячих точек» [8, 13, 16]. До этого – в раннем–среднем кембрии – там началась активизация тектонических движений, о чем свидетельствует появление молассовой формации – меркушевской свиты [21]. Поэтому можно полагать, что в раннем палеозое (скорее всего, в среднем–позднем кембрии) здесь произошло заложение мощных мантийных магматических очагов длительного развития. В период становления ордовикских батолитов (гранитно-гнейсовых куполов) произошла консолидация дорифейского Ханкайского массива. В результате этих событий рассматриваемый регион приобрел жесткость, необходимую для развития в раннем силуре интенсивного рифтообразования. В Северо-Восточном Китае известны верхнеордовикские покровы вулканитов среднего и кислого состава, залегающие в фаунистически охарактеризованной свите Шифень. То есть в данном случае мы, возможно, имеем дело с вулканоплутоническими образованиями [8, 16].

Существуют палеомагнитные, биогеографические и другие данные [37], интерпретируемые в том смысле, что остаточные массивы многократно активизированной Китайской платформы [28] входили в состав литосферной плиты Кула, являющейся частью Гондваны. Так, на основании анализа данных палеомагнитных исследований и исходя из сходства комплексов трилобитов и проявлений фосфатов предполагается, что в раннем кембрии блок Янцзы составлял единое целое с Австралийским континентом. В результате развития рифтинга плита Кула откололась от Гондваны и дрейфовала в позднем палеозое–мезозое в северном направлении, пока не столкнулась с Сибирской платформой. При этом локальные блоки стали отделяться от нее уже в ордовике (или ордовике–силуре).

В результате интенсивного проявления мезозойских (индосинийских, яньшаньских) и кайнозойских (гималайских) тектонических движений на востоке Азии среднепалеозойские сооружения в ЯЗ были деформированы, расчленены и в ряде случаев перемещены на значительные расстояния [16, 31, 41]. Особенно крупные горизонтальные перемещения испытали блоки докембрийского фундамента при раскрытии в миоцене Японского окраинного моря. В современной диспозиции они выступают на подводных возвышенностях Япономорской впадины и на Японских островах и представляют собой комплекс основания данного фрагмента Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент–океан [28].

В свое время нами были поддержаны [8] представления ряда исследователей о наличии северного дрейфа крупных тектонических масс, приведших к распаду Гондваны и аккреции Азии. Наиболее оптимальной тектонической концепцией, объясняющей данный феномен, по мнению авторов [25], является парадигма тектонической расслоенности литосферы. Во время проявления мощного гималайского тектогенеза произошла дезинтеграция выходов ниже- и среднепалеозойских образований, которые более или менее хорошо сохранились в пределах крупных докембрийских кристаллических массивов.

При исследовании ордовикских, силурийских и девонских отложений в ЯЗ авторам пришлось иметь дело в основном со стратонами местного ранга. Существуют определенные трудности при корреляции местных схем расчленения палеозойских отложений юга Дальнего Востока России с ярусами общей стратиграфической шкалы, хотя они и проводились многочисленными российскими и зарубежными исследователями [2, 3, 10, 12, 16, 20, 26, 32–34, 36, 38, 39].

Известно, что стратотипы ярусов палеозоя установлены в Западной Европе, и характеризующие их биоты принадлежат иным, чем в ЯЗ, биогеографическим общностям, поэтому такие корреляции являются предварительными и в значительной мере условными. Как отмечает Е.А. Ёлкин [4], биохронологические функции тех или иных групп фауны и флоры в значительной степени различаются. Межрегиональные корреляции могут быть надежно обеспечены в основном пелагическими организмами, а для сопоставления местных стратиграфических схем важны бентосные формы. Так, базовыми группами фауны для установления стандартных стратиграфических границ в ордовике и силуре являются

граптолиты, приуроченные к определенным фациям; в девонском интервале большую роль играют конодонты, у которых достаточно резко выражены биофациальные различия ассоциаций. Поэтому в районах развития отложений с бентосной фауной, каковым является Дальний Восток, границы отделов и ярусов, по существу, не выражены. В ряде случаев, когда это касается находок руководящих групп организмов, например таких, как граптолиты [12, 15], проведенные авторами межрегиональные корреляции представляются более обоснованными.

Основными проблемами стратиграфии нижнего и среднего палеозоя ЯЗ являются: неравномерная изученность стратонтов, их территориальная разобщенность, нередко – отсутствие руководящих групп организмов в фаунистических и флористических комплексах, наличие «немых» толщ. Накопленные к настоящему времени многочисленные данные по стратиграфии и литологии нижнего и среднего палеозоя различных регионов ЯЗ (особенно это относится к Приморью), по существу, остаются неувязанными. В предлагаемой статье поставлена задача обобщения и сопоставления этих разрозненных данных. Выбор рассматриваемых стратиграфических единиц обусловлен тем, что они распространены во всех регионах ЯЗ.

В основу работы положены данные, полученные Л.А. Изосовым в процессе проведения им крупно- и среднемасштабных геологических съемок Западного Приморья (1963–1985 гг.), а также многолетние палеонтологические исследования Н.П. Кулькова [15]. Кроме того, в ней учтены результаты дискуссий, происходивших в процессе проведения совместных полевых экспедиций с северо-корейскими (Приморье, Северная Корея), китайскими и японскими (Приморье) учеными [16]. При этом Л.А. Изосову были переданы ценные публикации по стратиграфии нижнего и среднего палеозоя Северной Кореи и Японии, что дало возможность провести полноценное обобщение по геологии ордовика, силура и девона ЯЗ.

Разработанные Л.А. Изосовым стратиграфические схемы силура и девона Приморья (при участии Н.Г. Мельникова и В.А. Бажанова) приняты в 1990 г. на IV Межрегиональном стратиграфическом совещании в Хабаровске [26]. Кроме того, им совместно с Г.В. Рогановым составлена схема структурно-формационного районирования силура и девона Дальнего Востока РФ.

Результаты исследований и их обсуждение

При рассмотрении результатов настоящих исследований следует иметь в виду, что здесь существенное значение имеет палеонтологическая обоснованность возраста рассматриваемых образований. Действительно, стратиграфическая основа является ключом к пониманию тектоники, палеогеографии и истории геологического развития того или иного региона.

В ЯЗ стратиграфические корреляции базируются на характерных комплексах фоссилий [5, 16, 26, 32–34, 38, 39]: среди простейших весьма значимы фораминиферы и радиолярии, кроме того, широкое распространение в разрезах имеют кишечнополостные (строматопороидеи, кораллы), членистоногие (трилобиты), брахиоподы, полухордовые (граптолиты), реже конодонты, а также многочисленные растительные остатки (проптеридофиты, плауновидные и др.).

Основными единицами общей стратиграфической шкалы ордовика, силура и девона, принятыми в РФ [26], являются отделы и ярусы. Следует подчеркнуть, что в настоящее время, в соответствии с постановлением № 25 МСК (1991 г.), в строении девона принято выделять следующие ярусы: нижний девон – лохковский, пражский и эмский; средний девон – эйфельский и живетский; верхний девон – франский и фаменский. В составе нижнего отдела данной системы за пределами РФ зарубежные исследователи выделяют жединский и кобленцкий ярусы.

Раннепалеозойские и среднепалеозойские магматические комплексы в пределах исследованной территории – как стратифицирующиеся, так и нестратифицирующиеся образования. Первые составляют самостоятельные стратоны либо входят в состав вулканогенно-осадочных толщ, вторые являются интрузивными, субвулканическими и вулканоплутоническими комплексами. Возраст магматических пород определен: 1) на основании палеонтологических данных, когда эти породы залегают среди осадочных отложений, 2) по характеру взаимоотношений их с вмещающими породами и 3) изотопными методами [2, 15–17, 31–34, 38, 39].

Наиболее полно палеонтологически обоснованы и хорошо изучены среднепалеозойские отложения Японии, где дано монографическое описание содержащихся в них окаменелостей (кораллов, трилобитов, брахиопод). В Северо-Восточном Китае и Корее нижний и средний палеозой выделен довольно давно также по кораллам, трилобитам и брахиоподам, однако изучен несколько слабее, чем в Японии. В свое время эти окаменелости исследовали: М. Егуши, М. Като, Т. Кобаяси, Т. Обата, К. Озаки, Т. Сугияма, С. Шимицу, К. Тачибана, Х. Ябе и др. В последние годы датировка стратонов там производилась также по граптолитам (Му-энь-чжи), радиоляриям и конодонтам (Ли Ха Йонг, Х. Вакамацу, Н. Судзуки и др.), брахиоподам (К. Мачибане). В Приморье палеонтологически доказанный ордовик отсутствует, а силурийские и девонские стратоны описаны значительно позднее, чем в Корее и Японии. Заключенные в них окаменелости изучали: А.В. Киселева, А.П. Никитина, Б.В. Поярков (фораминиферы), И.М. Колобова, З.А. Максимова (трилобиты), Н.П. Кульков, Е.А. Модзалевская, О.И. Никифорова, Г.Р. Шишкина (брахиоподы), Т.Н. Корень (граптолиты), Г.И. Бурый (конодонты), В.И. Бурого, В.Г. Зиминая, В.А. Красилов, Н.М. Петросян, Г.П. Радченко (растительные остатки).

Ордовикские отложения в ЯЗ палеонтологически доказаны в Северо-Восточном Китае и Корее [34, 38, 39], в то время как в Приморье они выделяются условно на основании положения в стратиграфическом разрезе [16]. В Японии известны маломощные карбонатные отложения с ордовикской фауной, а в пределах тектонического пояса Хаячине на больших территориях выступает нижнесреднеордовикский (421–484 млн лет) стратифицирующийся базит-гипербазитовый комплекс – «офиолит Хаячине», контактирующий по разломам с метаморфитами докембрийской серии Хасаденайгава [32].

В Северо-Восточном Китае в пределах площади исследований в зоне Йичун–Яншоу известна одноименная серия (нижний–средний ордовик), которая несогласно залегают на нижнепротерозойских образованиях и сложена терригенно-карбонатными породами с прослоями средних и основных вулканитов. В Цилиньской зоне выделяются верхнеордовикские вулканогенно-карбонатно-терригенные отложения, согласно покрывающие нерасчлененную кембрийско-ордовикскую толщу. В платформенной части этого региона распространены ордовикские карбонатные накопления, связанные постепенным переходом с верхнекембрийской свитой Фенгшань.

На прилегающей с запада территории в Дахинганлингской складчатой системе развита палеонтологически охарактеризованная группа Синглонг–Хандаци, состоящая из двух серий. В тремадок-аренигской терригенно-карбонатной серии Синглонг (4460 м) в низах встречаются прослой кислых туфов. Раннеордовикский возраст пород определен по находкам брахиопод *Lingulella* sp., *Arcuaria* sp.; на тремадок указывают трилобиты *Ceratopyge* sp., *Apatokephalus* sp., *Dikelokephalina* sp. и брахиоподы *Finkelnburgia bellatula* Ulrich, *Humaella huanganjiensis* Zhu. По присутствию в серии брахиопод *Onniella* sp., *Howellites* sp. и *Austinella* sp. в ней условно выделены карадокские слои. Арениг-ашгильская серия Хандаци (3613 м) представляет собой карбонатно-вулканогенно-терригенную толщу, в которой встречаются андезит-риолитовые и андезит-базитовые ассоциации. В ней собрана фауна, характеризующая: 1) ранний–средний арениг (трилобиты *Pliomerops* sp. и *Parasphaerexochus* sp., брахиоподы *Productorthis americana* Коор. и граптолиты *Dictyonema* sp., *Didymograptus* sp.); 2) арениг–лланвирн (трилобиты *Pliomerellus* sp., граптолиты *Phyllograptus anna* Hall и др.); 3) лландейло (трилобиты *Trinodus* sp. и *Eudolotites* sp.,

брахиоподы *Famatinorthis luohoensis* Liu и *Brandysia* sp., граптолиты *Dicellograptus* sp.); 4) ранний карадок (трилобиты *Remopleurides* sp. и *Ceraurinella* sp., брахиоподы *Leptelina* sp., *Dalmanella sulcata* Кооп., *Dedzetina filongshanensis* Hall и граптолиты *Dendrograptus* sp., *Dictyonema* sp.); 5) поздний карадок (трилобиты *Encrinuroides* sp., *Calyptaulax* sp., *Isotelus* sp., *Homotelus* sp., *Cheirurus* sp., *Platylichas* sp., брахиоподы *Hingganoleptaena* sp. и др.); 6) карадок–ашгил (брахиоподы *Magicrostrophia* sp., граптолиты *Orthograptus* sp., *Pseudoclimacograptus* sp. и *Pleurograptus* sp.).

В Корее широко распространена кембрийско-силурийская серия Хванчжу, в которой ордовикские терригенно-карбонатные отложения залегают на верхнекембрийской свите Копхунг и перекрываются нижнесилурийской свитой Коксан [34].

Подосва силура в ЯЗ достоверно установлена во многих местах: 1) в Лаоэлинской подзоне и Пхеннамском прогибе нижний силур согласно залегает на верхнем ордовике [34, 38, 39]; 2) в Самчхокском прогибе нижневерхнесилурийские отложения несогласно ложатся на средний ордовик [34]; 3) в пределах массива Хида верхний силур с размывом покрывает ордовик [32]; 4) в зоне Хаячине нижний силур согласно перекрывает одноименный нижнесреднеордовикский офиолитовый комплекс [31]. В последнем случае базальные слои силура не охарактеризованы фауной, а возраст «офиолита Хаячине» определен только радиологическим методом (до 484 млн лет). В этом случае возможны два варианта взаимоотношений между названными стратонами: 1) низы свиты Якушигава охватывают верхний ордовик, как это показано в [31]; 2) комплекс Хаячине имеет раннесилурийский возраст и вместе со свитой Якушигава может быть сопоставлен с нижнесилурийской кордонкинской свитой Гродековской подзоны [12, 15, 16]. Также в пределах массива Хида доказано несогласное залегание силурийской системы на позднеордовикских (442 млн лет) «гранитах Хиками» [31]. Аналогичное взаимоотношение, по-видимому, имеет место между нижнесилурийско-верхнедевонской серией Гион-яма и названным гранитным комплексом в зоне Титибу [32].

Можно вполне уверенно говорить о налегании нижнесилурийской кордонкинской свиты на ордовикские (434–495 млн лет) гродековские гранитоиды в одноименной подзоне, а также на верхнекембрийские (512 ± 47 млн лет) вулканиты [16, 27]. Непосредственного контакта между упомянутыми образованиями не наблюдалось, однако в базальных конгломератах нижнего силура, развитых по соседству с названными гранитоидами и вулканитами, установлены их многочисленные обломки. Что касается «немых» отложений, выступающих в наложенных структурах Ханкайского массива и близких по возрасту к силуру (даубихезская свита, туфо-эффузивная толща), то твердо доказано их залегание (соответственно): 1) с размывом на позднекембрийских гранитах вознесенского типа (до 500 млн лет) и без видимого углового несогласия на нижнем–среднем кембрии; 2) с угловым несогласием на нижнекембрийских отложениях [16, 17]. Также установлено, что терригенные породы даубихезской свиты содержат значительные объемы кластического материала, представленного ордовикскими гранитоидами и верхнекембрийскими риолитами. Следует подчеркнуть, что в ряде случаев палеонтологически охарактеризованные силурийские отложения образуют крупные аллохтонные блоки в микститах, например в мезозойском поясе Титибу [41].

В Дахинганлингской складчатой системе в пределах пояса Хандаци [38] силурийские отложения согласно залегают на ордовике и согласно же перекрываются девоном. Здесь силур (2385 м), охватывающий лландовери–лудлов, выделяется в поясе Хандаци: серицит-хлоритовые и глинистые сланцы, аргиллиты, кварцевые и аркозовые песчаники, реже – конгломераты. По брахиоподам там устанавливаются: 1) лландовери – *Atrypa* sp., *Chonetoides* sp., *Meifodia* sp.; 2) венлок – *Tuvaella rackovskii* Tchern.; 3) лудлов – *T. gigantea* Tchern.

Среди девонских отложений ЯЗ выделяются как морские, так и континентальные [10, 16, 20, 29, 32, 34, 36, 38, 39]; при этом расчленение первых базируется в основном на бентосной макро- и микрофауне (кораллы, трилобиты, брахиоподы и др., иногда

фораминиферы и др.), а вторых – на растительных остатках (риниофиты, плауновидные и др.). Иногда здесь выделяются глубоководные морские кремнистые породы, возраст которых определен по радиоляриям и конодонтам [30, 40]. Зачастую девонские породы, как морские, так и континентальные, залегают в позднемезозойских хаотических комплексах в виде разновеликих олистолитов или образуют крупные ксенолиты в позднетриасово-раннеюрских гранитоидах [16, 38, 39, 41].

Нижняя граница девонских отложений в большинстве регионов ЯЗ палеонтологически не доказана. Лишь в примыкающей к ЯЗ Дахинганлингской складчатой системе установлено, что девон согласно залегает на силуре [38]. В ряде случаев он налегает на докембрийский фундамент и раннепалеозойские образования: 1) в пределах Баоцинского и Биндонгского поясов и зоны Имджинган [28, 34, 38, 39] – на архей, нижний и верхний протерозой, карбонатный верхний кембрий и ордовикские гранитоиды; 2) в зоне Йичун–Яньшоу – на карбонатный нижний кембрий и среднеордовикские вулканиты среднего–основного состава; 3) в пределах массива Южный Китаками – Абукума – на докембрийские «метаморфические породы Мацугадайра–Мотаи» [31, 32]. Залегание девонской системы на силурийской предполагается в прогибе Хикороичи [31, 32]. В пределах Ханкайского массива средний–верхний девон с местным угловым несогласием покрывает «немые» отложения, сопоставляемые нами с лландовери–венлоком, и с размывом ложится на ордовикские граниты [16].

В то же время в пределах площади исследований имеются мощные разрезы нерасчлененных среднепалеозойских отложений: в офиолитовой зоне Хаячине выделена серия Сеньюгатаки [40], в средней части которой заключены позднесилурийские и раннедевонские радиолярии, а в верхней – остатки позднедевонских растений. Сходная картина наблюдается в зоне Титибу, где широко распространена серия Гион-яма, возрастной диапазон которой, установленный на основании находок силурийской фауны и девонской флоры, охватывает поздний лландовери – поздний девон. Аналогичные взаимоотношения между силуром и девоном можно предположить и в Кабаргинском прогибе: развитая там тамгинская свита имеет большую мощность и в средней и верхней частях содержит раннедевонскую флору [26]. Не исключено, что ее низы относятся уже к силуру, а возможно, даже к кембрию [22]. Таким образом, в ЯЗ, вероятно, в ряде районов девонская система залегает на силурийской с постепенным переходом.

В пределах Баоцинского пояса и прогиба Хикороичи [31, 38] на девонских (эмфаменских) слоях согласно залегают нижнекаменноугольные отложения. В пределах последнего также установлено несогласное налегание нижнего карбона на среднедевонские породы. Несогласное залегание нижнего карбона на девонских слоях наблюдается и в Туманган-Лаоэлин-Гродековской зоне [39]. Интересные данные по этому вопросу были получены при исследовании платформенного чехла Ханкайского массива: здесь из состава люторгской свиты, считающейся в основном эйфель-живетской [26], В.Г. Зиминой [5] были вычленены нижнекаменноугольные флороносные слои, а затем выделена нижнекаменноугольная шевелевская толща небольшой (60 м) мощности. Поэтому люторгская свита, по-видимому, охватывает и верхний девон. Кроме того, в Южно-Синегорской вулканотектонической впадине [16] средневерхнедевонские вулканогенно-терригенные отложения [11] согласно перекрыты светляровской толщей вулканитов с прослоями туфалевролитов, содержащих раннекаменноугольные фораминиферы [9].

В Дахинганлингской складчатой системе в пределах складчатого пояса Синглонг выделяется жединско-эйфельская толща (3750 м) [38], сложенная сланцами, песчаниками, конгломеративными песчаниками с прослоями расланцованных риолитов, известняков и мраморов. В сланцах часто встречаются брахиоподы *Atrypa* cf. *nieczlawiensis* Grab., *Meristella* sp., *Coelospirella pseudocamilla* (John.), *C. dongbiensis minor* Su, *Leptaenopyxis bouei* (Barr.), *Gladiostrophia kondoi* (Ham.), *Reeftonia* cf. *taeniolata* (Khalf.), *Barbaestrophia* sp., *Rhytistrophia* sp., *Paramerista* sp. и др. Там же в складчатом поясе Хандаци девон (7330 м), охватывающий пражский–фаменский ярусы, согласно залегает на силуре и представлен

глинистыми сланцами, аргиллитами, песчаниками, туфопесчаниками, конгломератами, гравелитами с линзами известняков. Свита Ньюихэ (89–483 м), вероятно пражского возраста, сложенная аргиллитами, туфами с линзами кристаллических известняков, конгломератами и песчаниками, согласно залегает на свите Сигуланхэ, относимой к лохкову. В позднепражской свите Хандаци (1130 м) и свите Цзиншуи (40–915 м) раннего эмса господствуют андезиты, базальты, риолиты, кератофиры и их туфы. Свита Холунмынь (62–405 м) охватывает поздний эмс и сложена сланцами, аргиллитами и песчаниками с линзами известняков. В эйфельской свите Дейян (463–1732 м) намечаются два типа разреза: 1) тонкозернистые песчаники, алевролиты, сланцы с прослоями биокластических известняков и туфов среднего–кислого состава; 2) туфопесчаники, глинистые аргиллиты и рифовые известняки с прослоями андезитов и риолитов. Свита Генлихэ (488–757 м) живецкого возраста состоит из песчаников и аргиллитов с редкими прослоями риолитовых туфолов. К франу здесь относится свита Дахелихэ (433–569 м), сложенная конгломератами, песчаниками, алевролитами и сланцами, а к фамену – свита Сяохелихэ (415–777 м), образованная конгломератами, гравелитами, песчаниками, аргиллитами и известковистыми сланцами. Возраст биостратиграфических подразделений в поясе Хандаци базируется на находках кораллов *Syringaxon bohemicum* (Povta), *Pleurodictyum nodae* et Sug., брахиопод *Coelospirella pseudocamilla* (John.), *Stropheodonta* cf. *sedgwicki* (Arch. et Vern.), *Paraspirifer* sp. (пражский ярус); брахиопод *Coelospirella orientalis* (Ham.), *Leptaenopyxis bouei* (Bar.), *Acrospirifer macrothyris* Su (ранний эмс); брахиопод *Coelospirella dongbeiensis* Su, *Elythyna pseudofallax* (Khalf.), *Gladiostrophia kondoi* (Ham.), *Euryspirifer* cf. *tonkinensis* Mansuy, *E. cf. paradoxus* Schloth., *Gypidula* cf. *mansuyi* Grab., *Desquamatia desquamata* (Sow.) (поздний эмс); кораллов *Favosites foldfussi* d'Orb., *Cladopora elegans* Dub., *Thamnopora dongbeiensis* Deng, брахиопод *Coelospirella dongbeiensis minor* Su, *Fimbrispirifer divaricatus* (Hall), *Acrospirifer dyadobomus* Su, *Euryspirifer grabau* (Yabe et Sug.) (эйфель); брахиопод *Mucrospirifer mucronatus* (Cong.), *Sculptospirifer sculptilis* (Hall), *Euryspirifer pseudochechiel* (Hou) (живет); брахиопод *Cyrtospirifer* sp. (фран); флористических остатков *Platyphyllum* sp., *Archaeopteris* sp. (фамен).

Судя по распределению ордовикской, силурийской и девонской морской биоты, существовавшие в пределах ЯЗ седиментационные бассейны зачастую развивались примерно в одних контурах и имели связи с морями Центрально-Азиатского и Приохотского регионов, а также Австралии [2, 3, 16, 23, 26, 35]. Континентальные отложения включают многочисленные остатки девонских проптеридофитов, плауновидных и других растений, которые известны в Центральном Казахстане, Западной Сибири, Приохотском регионе и Южном Китае [6, 16, 24].

Заключение

На основании обширного, в значительной мере оригинального, материала впервые проведена корреляция ордовикских, силурийских и девонских стратиграфических подразделений местного ранга, а также нерасчлененных кембрийско-ордовикских отложений различных регионов Япономорской зоны перехода континент–океан, в которой сочленяются Китайская платформа и Тихоокеанский складчатый пояс (российское Приморье, Северо-Восточный Китай, Корея, Япономорская впадина, Японские острова). Выделены стратифицирующиеся и нестратифицирующиеся магматические комплексы этих возрастов, представляющие собой вулканические, субвулканические, вулканоплутонические и плутонические образования.

В структурах, наложенных на докембрийские массивы, рассматриваемые отложения обычно хорошо прослеживаются по латерали, в то время как в полициклических подвижных поясах они залегают часто в виде олистолитов в мезозойских микститах или крупных ксенолитов в разновозрастных гранитоидах, что создает значительные трудности при их картировании и корреляции.

Субмаринные ордовикские, силурийские и девонские отложения ЯЗ накапливались в сходной палеогеографической обстановке практически в одних и тех же седиментационных бассейнах, которые соединялись с центрально-азиатскими, приохотскими и австралийскими морями. Континентальные осадки исследованной территории представлены девонскими толщами, включающими многочисленные растительные остатки, широко распространенные также в Центральном Казахстане, Западной Сибири, Приохотье и Южном Китае. В результате проявления в Восточной Азии и Австралии интенсивного мезозойско-кайнозойского тектогенеза и раскрытия Японского окраинного моря ниже- и среднепалеозойские отложения в ЯЗ во многих случаях были сильно дислоцированы и хорошо сохранились, в основном в пределах остаточных докембрийских массивов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ву Иашань, Джен Юаньшен, Тан Ляньян, Жан Анди. Зависимость алмазности кимберлитов от тектонических структур фундамента Сино-Корейской платформы // Геология и геофизика. 1992. № 10. С. 117–123.
2. Геологическое развитие Японских островов. М.: Мир, 1968. 719 с.
3. Геология Северо-Восточной Азии. Стратиграфия и палеонтология. Л.: Недра, 1972. Т. 2. 527 с.
4. Ёлкин Е.А. Сравнительная характеристика общей и стандартной стратиграфической шкалы, концепция и особенности применения при региональных работах // Стратиграфия докембрия и фанерозой Забайкалья и юга Дальнего Востока. Хабаровск: Мингео СССР, 1990. С. 61–63.
5. Зимица В.Г., Изосов Л.А., Мельников Н.Г. К стратиграфии девонских отложений Ханкайского массива и его обрамления // Новые данные по стратиграфии и палеогеографии Дальнего Востока. Владивосток: ДВГИ ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 13–21.
6. Зимица В.Г. Средне-позднепалеозойская флора юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1991. 72 с.
7. Изосов Л.А., Чупрышин В.И., Ли Н.С., Крамчанин К.Ю., Огородний А.А. Вулканогенные полициклические окраинно-континентальные пояса Япономорского региона: палеозоны перехода континент–океан // Отеч. геология. 2015. № 1. С. 74–81.
8. Изосов Л.А. Геологические формации и среднепалеозойская эволюция Япономорской окраины Азии: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2003. 42 с.
9. Изосов Л.А., Никитина А.П., Старов О.Г., Никогосян В.А. Карбон Юго-Западного Приморья // Новые данные по биостратиграфии палеозоя и мезозоя юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1990. С. 69–71.
10. Изосов Л.А. Морской девон Приморья // Изв. АН СССР. Серия геол. 1978. № 4. С. 82–86.
11. Изосов Л.А., Поярков Б.В. Первая находка девонских фораминифер в Южном Приморье // ДАН СССР. 1976. Т. 227, № 2. С. 425–426.
12. Изосов Л.А., Евланова М.А., Корень Т.Н. Первая находка силурийских граптолитов в Приморье // ДАН СССР. 1983. Т. 269, № 5. С. 1153–1155.
13. Изосов Л.А., Коновалов Ю.И., Емельянова Т.А. Проблемы геологии и алмазности зоны перехода континент–океан (Япономорский и Желтоморский регионы). Владивосток: Дальнаука, 2000. 326 с.
14. Изосов Л.А., Емельянова Т.А. Раннепалеозойский магматизм и тектоника Япономорской окраины Азии // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: материалы науч. конф. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН. 2006. С. 35–38.
15. Изосов Л.А., Кандауров А.Т., Бажанов В.А., Корень Т.Н., Шишкина Г.Р., Колобова И.М., Кульков Н.П. Силурийские отложения Приморья // Тихоокеан. геология. 1988. № 5. С. 75–82.
16. Изосов Л.А. Среднепалеозойские формации и тектоника Япономорского региона. Владивосток: Дальнаука, 2002. 278 с.
17. Изосов Л.А. Формации силура, девона и карбона Приморского края // Сов. геология. 1992. № 3. С. 35–45.
18. Изосов Л.А. Формационный анализ и его место в современной геологической науке // Региональные проблемы. 2011. Т. 14, № 2. С. 21–27.
19. Изосов Л.А., Горошко М.В. Южно-Синегорская впадина Приморья: геологическое строение и развитие // Отеч. геология. 2006. № 3. С. 33–40.
20. Мельников Н.Г., Бураго В.И. Девонские отложения Приморья // Палеозой Дальнего Востока. Хабаровск: ИТиГ ДВНЦ АН СССР, 1974. С. 130–138.
21. Окунева О.Г., Репина Л.Н. Биостратиграфия и фауна кембрия Приморья. Новосибирск: Наука, 1973. 284 с.
22. Олейник Ю.Н. Кембрий-силурийские отложения северной части Ханкайского массива // Информационный сборник Приморского геологического управления. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1968. С. 14–17.

23. Палеогеографический атлас Китая. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962. 118 с.
24. Петросян Н.М. Растения // Стратиграфия СССР. Девонская система. М.: Недра, 1973. Кн. 2. С. 285–288.
25. Пушаровский Ю.М. О трех парадигмах в геологии // Геотектоника. 1995. № 1. С. 4–11.
26. Решения Четвертого Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья (Хабаровск, 1990 г.). Хабаровск: Хабаров. гос. горно-геол. предприятие, 1994. 124 с.
27. Смирнов А.М., Давыдов И.А., Изосов Л.А., Мельников Н.Г., Милов А.П., Шульдинер В.И. Кембрийская липаритовая формация Южного Приморья // ДАН СССР. 1982. Т. 264, № 2. С. 417–429.
28. Смирнов А.М. Сочленение Китайской платформы с Тихоокеанским складчатым поясом. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 157 с.
29. Старов О.Г., Изосов Л.А., Мельников Н.Г., Петросян Н.М. О нижнедевонских отложениях Южного Приморья // ДАН СССР. 1985. Т. 282, № 1. С. 166–167.
30. Ханчук А.И., Панченко И.В., Кемкин И.В. Геодинамическая эволюция Сихотэ-Алиня и Сахалина в палеозое и мезозое. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1988. 56 с. .
31. Ehiro M., Kanisawa S. Origin and evolution of the South Kitakami Microcontinent during the Early-Middle Palaeozoic // Gondwana dispersion and Asian accretion: IGCP 321 Final Results Volume. Rotterdam: A.A. Balkema, 1999. P. 283–295.
32. Geology and mineral resources of Japan. Hisamoto: Kawasaki-shi, 1977. Vol. 1. 430 p.
33. Geology of Korea. Seoul: Geol. Soc. of Korea, 1988. 514 p.
34. Geology of Korea. Pyongyang: Foreign Languages Books Publ. House, 1996. 629 p.
35. Guo S. Correlation of Palaeozoic coral fauna between Inner Mongolia – Northeast China and Japan // Pre-Jurassic geology of Inner Mongolia, China. Osaka: Osaka City Univ., 1991. P. 201–212.
36. Izosov L.A. The marine Devonian sequence of Primor'ye // Intern. Geol. Rev. 1979. Vol. 21, N 1. P. 115–118.
37. Klimetz M.P. Speculations on the Mesozoic plate tectonic evolution of Eastern China // Tectonics. 1983. Vol. 2, N 2. P. 139–166.
38. Regional Geology of Heilongjiang Province. Beijing: Geol. Publ. House, 1992. 734 p. (Geological memoirs; ser. 1, N 33).
39. Regional Geology of Jilin Province. Beijing: Geol. Publ. House, 1989. 698 p. (Geological memoirs; ser. 1, N 10).
40. Suzuki N., Takahashi D., Kawamura T. Late Silurian and Early Devonian Polycystine (Radiolaria) from the Middle Paleozoic deposits in the Kamaishi area, northeast Japan // J. Geol. Soc. Japan. 1996. Vol. 102, N 9. P. 824–827.
41. Wakita K. Accretionary tectonics in Japan // Bull. Geol. Surv. Japan. 1989. Vol. 40, N 5. P. 251–253.

Ф.С. ОНУХОВ, Т.В. МЕРКУЛОВА

Тектонические террасированные горные склоны как индикатор выделения палеоземлетрясений

Рассмотрены террасированные горные склоны, обнаруженные на двух участках в Нижнем Приамурье. Террасированные склоны располагаются в районах с активными разнонаправленными блоковыми неотектоническими движениями, где в историческое время произошли достаточно сильные землетрясения и выявлены палеосейсмодислокации типа сейсмогенных рвов и обвалов. При детальном исследовании склонов установлены тектонические смещения и признаки растяжения в локальных разломах, разделяющих террасы на крутых скальных склонах, а также фрагменты грубых борозд и зеркал скольжения на поверхности глыб. Сделан вывод о сейсмической природе морфологии террасированных склонов на изученных участках.

Ключевые слова: террасированные склоны, курумы, палеосейсмодислокации.

Tectonic terraced mountain slopes as the indicator of paleoearthquakes. F.S. ONUKHOV, T.V. MERKULOVA (Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, FEB RAS, Khabarovsk).

We describe terraced mountain slopes revealed in two areas of the Lower Priamurye Region. The terraced slopes are located in areas where active neotectonic block movements occurred in different directions and quite strong earthquakes took place and paleoseismodislocations like seismogenic trenches and collapses in historical time are identified. A detailed study of the slopes has established tectonic displacements and indications of extension in the local faults that separate the terraces on the steep rock slopes and fragments of coarse striations and slickensides on the block surfaces. We concluded that the morphology of the terraced mountain slopes on the studied areas is caused by seismic events.

Key words: terraced mountain slopes, rock streams, paleoseismodislocations.

Введение

В Дальневосточном регионе на некоторых склонах горных отрогов наблюдаются ярусы своеобразных узких нагорных террас, при этом отдельные звенья между склоновыми распадками похожи на крупные чешуи (рис. 1, 2). Звенья в ярусах обычно занимают близвысотное положение относительно подножия склона либо плавно воздымаются по простиранию. Террасы, располагающиеся ярусами на горном склоне, разделены крутыми глыбовыми участками, имеющими облик курумов. Такие террасированные склоны выделены нами в Нижнем Приамурье на двух участках, удаленных друг от друга на значительном расстоянии (рис. 3). Природе террасированных склонов в геолого-съёмочной практике уделяется недостаточно внимания, что, возможно, связано с редкостью склонов

ОНУХОВ Федор Степанович – кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, *МЕРКУЛОВА Татьяна Владимировна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск). *E-mail: merculova@itig.as.khb.ru

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН.

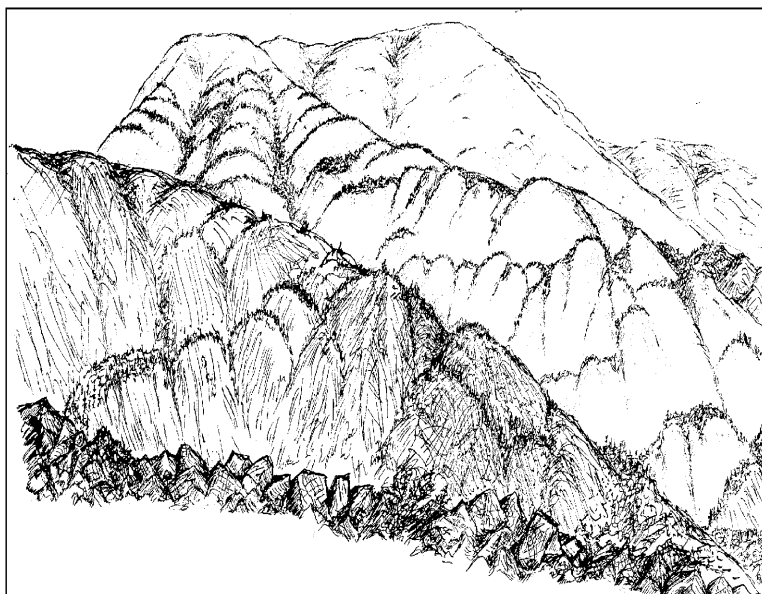


Рис. 1. Общий вид террасированного склона на левобережье р. Талиджак (Талиджакский участок)

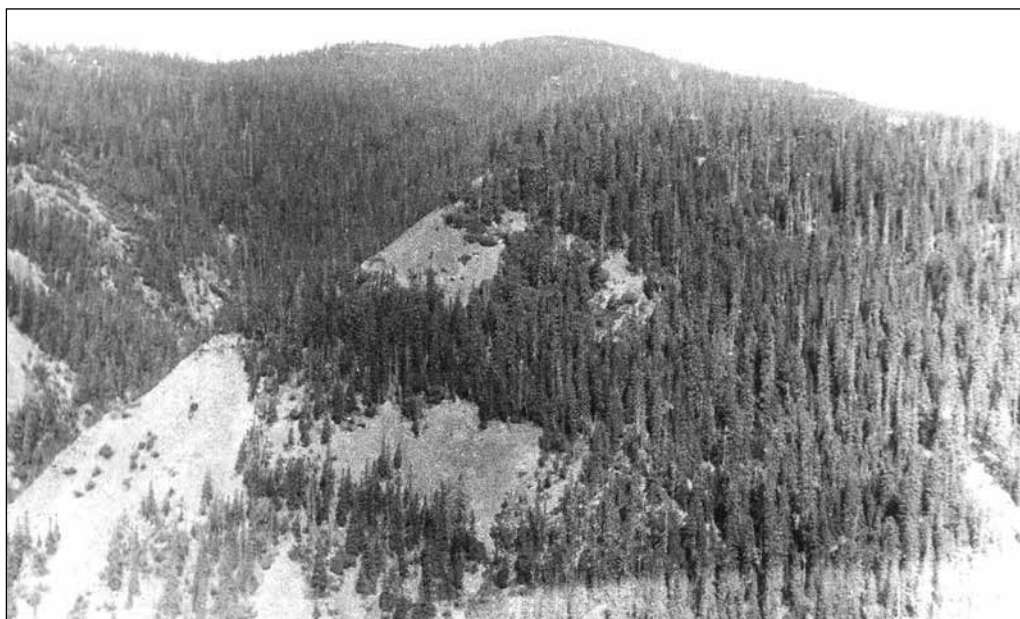


Рис. 2. Террасированный склон на правобережье р. Амут (Амутский участок)

такого облика. Недостаток внимания к природе таких склонов обусловлен также их глыбовым обликом, что позволяет считать их обычными курумами, сформировавшимися в результате резко континентальных климатических условий [2, 5–9, 14, 21–24, 27]. По литературным данным, в Дальневосточном регионе и Забайкалье насчитывается не менее двух десятков разновидностей курумовых образований [7, 22]. Они выделяются как в относительно стабильных, так и в сейсмоактивных областях (хребты Удокан, Кодар и другие горные сооружения Прибайкалья). Иногда отмечается, что большую роль в движении курумов играют землетрясения [5].

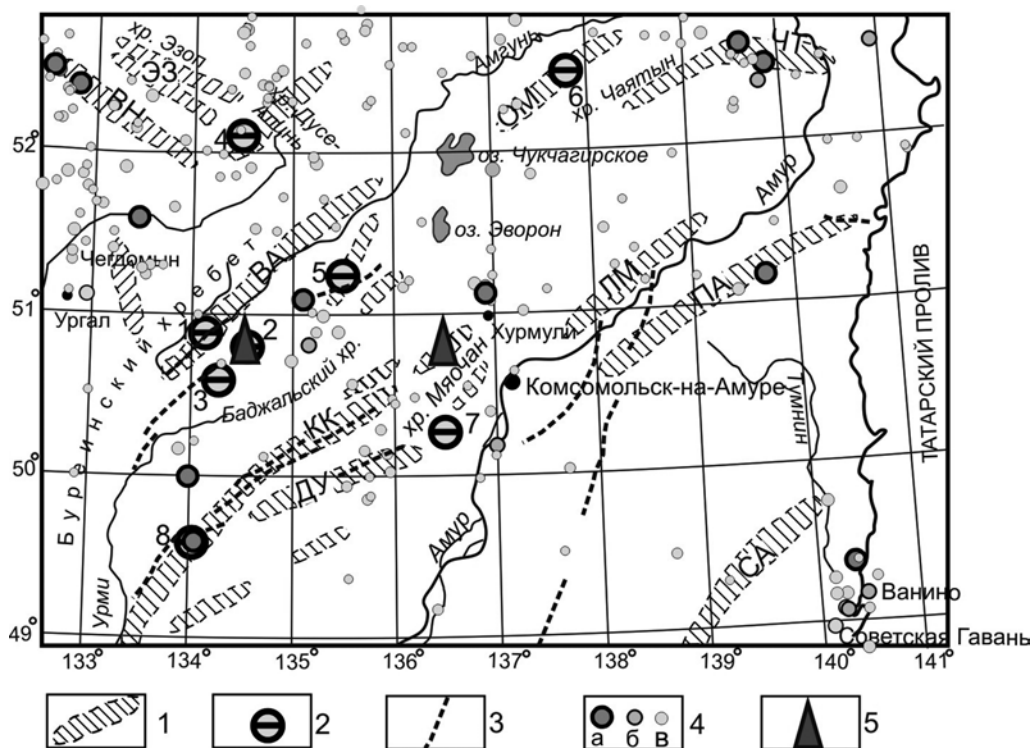


Рис. 3. Схема суммарных деформаций рельефа и зон повышенных ($0,5 \times 10^{-8}$ /год) градиентов скоростей новейших вертикальных тектонических движений Нижнего Приамурья (по [16], с дополнениями и сокращениями). 1 – зоны повышенных градиентов скоростей неотектонических движений: ЭЗ – Эзоповская, ВН – Верхнениманская, ВА – Верхнеамгунская, ОМ – Омельдинская, ЛМ – Лимурийская, ПА – Приамурская, ЧТ – Чаятынская, КК – Курско-Куканская, ДУ – Джаки-Унахтанская, СА – Сихотэ-Алинская; 2 – задокументированные палеосейсмодислокации: 1 – Гербинская, 2 – Баджальская, 3 – Талиджакская, 4 – Дусе-Алинская, 5 – Амгунская, 6 – Омельдинско-Горбылякская, 7 – Амутская, 8 – Куканская; 3 – активные разломы (по [18]); 4 – эпицентры землетрясений: а – $M \geq 5$, б – $4,5 \geq M < 5$, в – $4,0 \geq M < 4,5$; 5 – участки террасированных склонов

В двухтомной монографии «Палеосейсмология» [25] указывается, что тектонические террасы могут быть результатом первичных или вторичных эффектов крупных землетрясений. Террасированные склоны встречаются на Северо-Востоке России [3]. Аналогичные формы склонов обнаружены в Восточном Забайкалье [9] в пределах хр. Удокан, который характеризуется высокой сейсмической активностью. Связь террасированных склонов с сейсмоактивностью отчетливо прослеживается в Байкальском рифте на примере Обручевского молодого сброса [26]. В работе А.Н. Овсяченко с соавторами [19] показано, что в формировании ярусности склоновых форм типа глыбовых террасовидных ступеней и валов в Забайкалье определенную роль играют не только относительно медленные тектонические движения, но и современные сейсмогенные события. Террасирование в пределах склонов наблюдается также на Алтае [1] и в Таджикистане [4]. Сходные морфологические типы склонов имеются и в Приморье. Детальный их анализ приводится А.М. Коротким с соавторами [11–13], которые отмечают возможную связь террасированных склонов с проявлениями сейсмоактивности. Более определенно на связь террасированных склонов с сейсмичностью указано в работе А.В. Олейникова и Н.А. Олейникова [20].

В настоящей работе для изучения природы тектонически террасированных склонов рассмотрены неотектонические особенности строения районов распространения таких склонов и их связь с палеосейсмодислокациями.

Методика исследования

На первом этапе выполнен анализ неотектонических особенностей участков обнаружения террасированных склонов. Для общей характеристики неотектоники рассматриваемых в статье участков использовались различные методы дистанционных исследований, в том числе дешифрование разномасштабных аэро- и космоснимков земной поверхности, а также морфометрический анализ топокарт, включающий методы профилирования рельефа, построения карт вершинной поверхности, различные приемы изучения гидросети и т.п. Эти методы дают возможность выделить аномальные участки рельефа, приуроченные к зонам тектонических нарушений, их пересечению или сопряжению, где наиболее вероятны проявления сейсмогенных событий. При общем анализе склоновых процессов важны качественные и количественные параметры: вещественный состав, форма, размеры и смена типов склонов, углов их наклона и характер сочленения друг с другом. Полученные данные служат основой для построения поперечных к склону профилей.

На втором этапе отбирались объекты для детальных полевых наблюдений, установления причин их формирования и развития. При большой протяженности склонов и сохранении однотипности морфологических характеристик можно ограничиться детальным анализом типичного участка профиля.

В данной работе детальный анализ выполнен для террасированных склонов на горных отрогах Баджальского хребта (Талиджакский участок). Методика наблюдений для Дальневосточного региона подробно описана в работах [10, 16]. В процессе детальных наблюдений изучались характеристики обломочного материала на поверхности склона: его размеры, форма, общая компоновка, признаки динамичности и перемещения. При изучении обломочного материала обращалось внимание на ориентировку его уплощенных разновидностей, наличие борозд и штрихов скольжения, «свежих» трещин на скальных выступах и в крупных глыбах, признаков растяжения, осыпных или напорных аккумулятивных форм. Также фиксировались наличие или отсутствие растительности и так называемого «загара» поверхности обломков.

Косвенными признаками сейсмогенного характера смещений обломочных масс помимо гравитационно-обвальных форм могут служить сформировавшиеся у подножия террас напорные валы, а также наблюдаемые на уплощенных вершинах, завершающих террасированные склоны, плиты (размер – первые квадратные метры), разбитые на крупные осколки по типу «битой тарелки», отдаленные друг от друга на незначительные расстояния. Дополнительным признаком сейсмогенности террасированных склонов может быть характер зон ускоренного смещения: либо сугубо локальный, либо поясной поперечно-склоновый, что характерно для сейсмогенных деформаций.

Наиболее убедительным аргументом роли сейсмогенных событий в образовании террасированных склонов служит их пространственная сопряженность с палеосейсмодислокациями и современными сейсмоактивными зонами.

Результаты наблюдений и их обсуждение

Террасированные склоны обнаружены в Приамурье на двух участках, названных нами Талиджакским и Амутским. Ниже приведены их структурно-геоморфологические характеристики, основанные на анализе данных по неотектоническим и современным движениям.

Талиджакский участок (рис. 4) выделяется в пределах Баджальского хребта на водоразделе рек Талиджак и Герби (правые притоки верховья р. Амгунь). Отрог хребта сложен преимущественно гранитоидами мелового возраста, представленными разновидностями гранодиоритов, граносиенитов, порфиринов с неясными границами взаимоотношений друг с другом. По структурным признакам в зоне пересечения северо-восточных

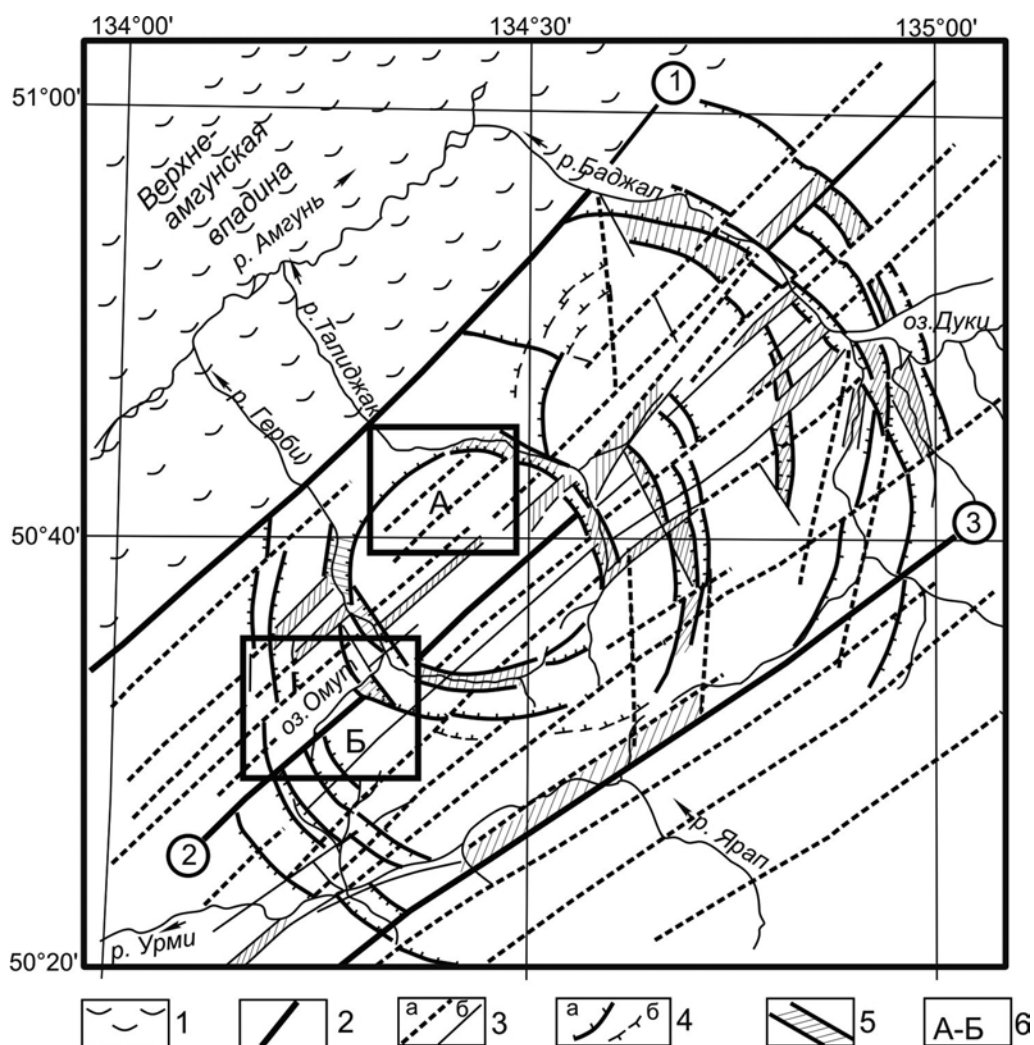


Рис. 4. Морфоструктурная схема Талиджакского участка.

1 – Верхнеамгунская внутригорная впадина; 2 – основные разломные зоны (1 – Верхнеамгунская, 2 – Урми-Амутская, 3 – Верхнеярапская); 3 – разломы второго (а), третьего (б) рангов; 4 – дуговые разрывные нарушения: а – основные, б – второстепенные; 5 – долинные грабены; 6 – участки детального изучения: А–Б – районы наблюдения террасированных склонов (А), сейсмогравитационных образований (Б)

и субмеридиональных разломов выделяется крупный неотектонический блок овальной конфигурации, претерпевший поднятие до высоты около 1800 м. Блок заключен между двумя трансрегиональными сдвиговыми разломами северо-восточного простирания, которые образуют зоны шириной в десятки километров. С северо-восточного и юго-западного флангов блок ограничен дуговыми разломами, четко выраженными в рельефе морфоструктурными элементами долинной сети рек Талиджак и Герби, а также дуговыми участками второстепенных водотоков. Наиболее контрастно проявляются в рельефе северо-восточные и дуговые нарушения. При этом первые выражены преимущественно элементами обрамления долин крупных рек, уступами и ступенями водоразделов, а вторые контролируют долины притоков р. Амгунь в виде вдольрусловых крутых склонов и уступов.

Результаты дешифрования космоснимков и топокарт демонстрируют признаки латерального смещения по разломам северо-восточной ориентировки правостороннего типа. На это указывают характерные смещения поперечных уступов, линейные понижения и

синхронные изгибы второстепенных водотоков, приуроченных к разломам. Такие признаки выявлены для Верхнеамгунской, Урми-Амутской и Верхнеярапской зон, показанных на рис. 4. Сегменты дуговых разломов испытывают смещения по северо-восточным зонам, что, видимо, вызвано неотектонической активизацией последних. Сейсмодислокации на этом участке тяготеют к дуговым разломам или их пересечениям с северо-восточными разрывами.

Второй участок, Амутский, в структурно-геоморфологическом отношении имеет как сходство с Талиджакским участком, так и ряд особенностей. Выделяется он на юго-восточном отроге хр. Мяочан в верховье р. Силинка при слиянии с ней притока Амут (рис. 5). Отрог хребта сложен в основном мезозойскими метаморфизованными породами – песчаниками, сланцами, кварцитами и андезито-базальтами. В неотектоническом отношении участок представляет собой крупную морфоструктуру овально-кольцевого облика размерами в поперечнике до сотни километров. Формирование морфоструктуры связано с позднемезозойским этапом горообразовательного процесса, позже значительно измененного новейшими, преимущественно блоко-сдвиговыми деформациями. Морфоструктура приурочена к стыку разнонаправленно развивающихся зон. Ее юго-восточный сектор расположен в основном в пределах Мяочанского хребта, принадлежащего к Баджальской горной системе, а северо-восточный – в пределах Амура-Охотской зоны общего погружения. Граница раздела между этими зонами выражена контрастными уступами и экскарпами, представленными сбросами северо-западного простирания. В узлах пересечений

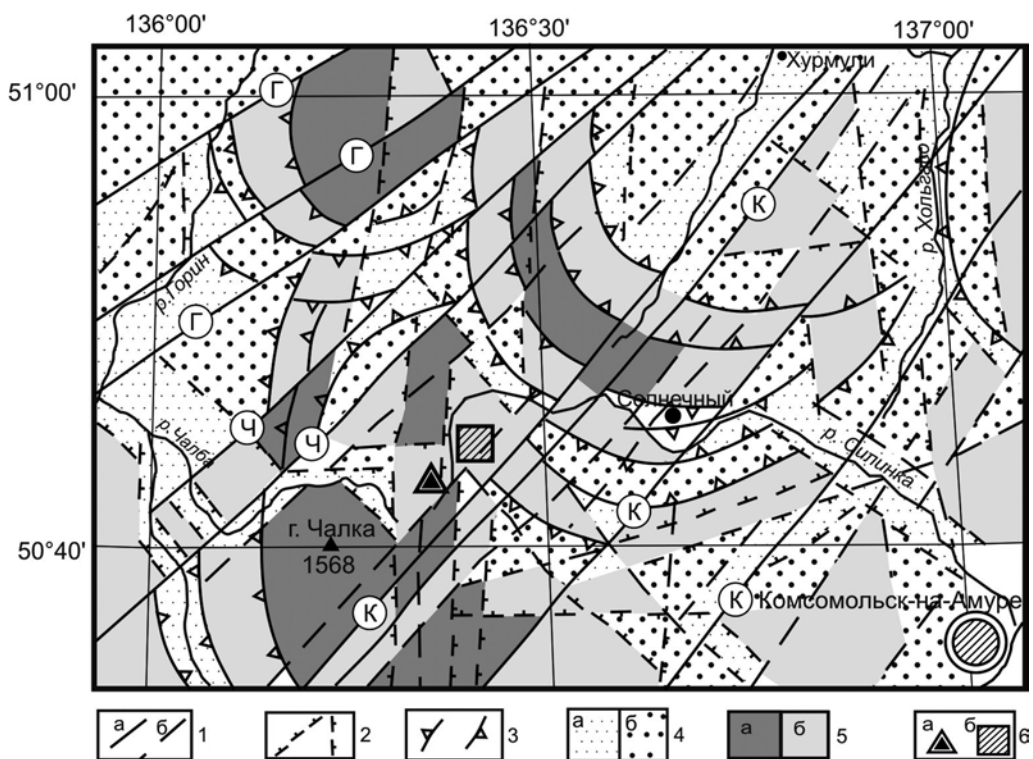


Рис. 5. Морфоструктурная схема Амутского участка.

1 – северо-восточные сдвиги: *а* – выраженные в рельефе, *б* – выделенные по ландшафтным признакам; 2 – субмеридиональные и субширотные сбросы и взбросы (бергштрихи направлены по падению смесителей в сторону опущенных блоков); 3 – дуговые разломы (метки направлены в сторону относительно опущенных блоков); 4 – блоки опускания: *а* – отвечающие придонным и межвершинным грабенам, *б* – наклонные блоки в обрамлении грабенов и впадин; 5 – горстовые блоки вершинного (*а*) и среднегогорного (*б*) уровней; *б* – участки детальных сейсмотектонических наблюдений: *а* – Амутский сбросоотвал, *б* – террасированный склон; Г, Ч, К – разломы Горинской, Чалбинской и Курско-Куканской зон соответственно

северо-западных разрывов с зонами северо-восточного простираения имеются признаки правостороннего смещения. Дуговые разрывы сбросового типа, ограничивающие морфоструктуру в пределах Амуро-Охотской зоны впадин, выражены в рельефе в основном крутыми склонами низкогорных возвышенностей сопочного типа. На основе дистанционных данных структурный план этого участка определяется пересечением северо-восточных и субмеридиональных дизъюнктивных нарушений. Амурский участок в пределах этой структуры располагается в юго-западном сегменте участка (рис. 5). В отличие от выше рассматриваемого Талиджакского участка, ранее выявленные здесь сейсмогравитационные структуры [10] в большей степени связаны с латеральными дислокациями по северо-восточным сдвиговым зонам при их пересечении с северо-западными сбросовыми нарушениями.

Детальные наблюдения выполнены по одному из профилей на террасированном склоне, расположенном на водоразделе рек Талиджак и Герби (Талиджакский участок). На склоне располагаются ярусы террас, отделенные друг от друга лишенными растительности обломочно-глыбовыми курумовыми плащами гранитоидов. В пределах поперечно-склоновой ярусности террас пологие террасообразующие поверхности колеблются по высоте, но резкие перепады высот наблюдаются редко, в основном в местах их пересечения с локальными поперечными зонами трещиноватости. Слабонаклонные площадки террас имеют ширину 15–30 м при общем уклоне поверхности 15–20°, реже – менее. Они покрыты древесно-кустарниковой растительностью, которая несколько приспускается по краям поперечно-склоновых распадков, что придает склону чешуеобразный вид (рис. 1). Обобщенный профиль склонов чаще бугристо-выпуклый, заканчивающийся в тыловой части понижением или ложбиной растяжения, выполненной глыбами с обломками сухостоя деревьев и стланика.

Характер растительности и распределения обломочного материала на склоне рассмотрим на примере поперечного геоморфологического профиля, пройденного полуинструментальным методом. На рис. 6 приведен один из его фрагментов, который начинается в нижней части русла р. Талиджак (абсолютная высота около 680 м) и заканчивается на вершинной поверхности с отметкой 1756 м. Фрагмент профиля достаточно представительного отражает особенности всего склона. Непосредственно у русла р. Талиджак выделяется глыбовая бугристая поверхность с небольшим перепадом высоты и без явного общего уклона (рис. 6, терраса 1). Она примыкает к достаточно крутому вогнутому уступу глыбо-купольного образования (рис. 6, терраса 2). Вертикальное положение уплощенных крупных глыб свидетельствует о возможном влиянии на их формирование напряжений выдавливания, характерных для быстрого смещения. На это указывает куполообразная поверхность данного аккумулятивного образования. Характерно, что в его тыловой зоне наблюдается очень резкий перепад высоты, направленный к днищу грабенообразного понижения. Понижение выполнено обломочным материалом. Положение отдельных обломочных глыб на примыкающем склоне позволяет считать, что по нему происходило перемещение глыбового материала, вызвавшее образование вала выдавливания у его подножия. Выше по профилю склон приобретает слабо выпуклый облик. На нем множество плитообразных обломков гранитоидов, ориентация которых явно указывает на их сползание вниз по склону. В основании этого фрагмента склона глыбы и отдельные уплощенные обломки имеют всерное расположение, указывающее на засасывание или поглощение обломочного материала в ложбине растяжения, разделяющей нижние ярусы террас. Между третьим и четвертым ярусами террас хорошо выражен крутой уступ высотой 3–5 м. Местами он почти лишен обломочного материала и представляет собой коренной выступ пород. На выступах гранитоидов наблюдаются грубые борозды скольжения, различимые под покровом лишайников, ориентированные вниз по склону. Аналогичные борозды изредка встречаются на поверхности отдельных глыбовых обломков в ложбине между вышеупомянутыми террасами.

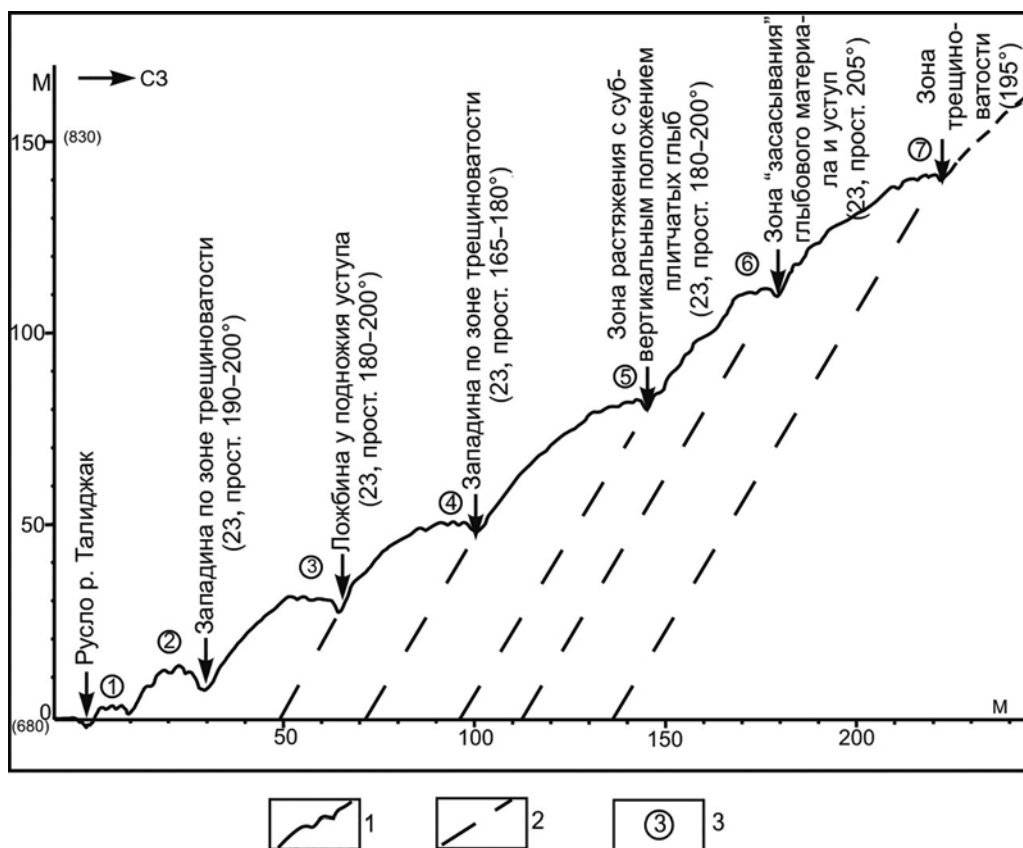


Рис. 6. Геоморфологический профиль на северном склоне сопки с абсолютной высотой 1756 м (Талиджакский участок).

1 – рельеф поверхности склона; 2 – предполагаемые вдольсклоновые тектонические нарушения; 3 – нагорные тектонические террасы

На крутых склонах пятой, седьмой и особенно шестой террас присутствуют крупные глыбы граносиенитов плитообразной формы, которые заключены среди хаотичного более раздробленного обломочного материала, но имеют признаки упорядоченности смещения вниз по склону. На их поверхностях под покровом лишайников не обнаруживается надежных признаков тектонического смещения, за исключением отдельных фрагментов хлоритизованных зеркал скольжения неуставленного возраста.

Рельеф привершинной поверхности обусловлен навалом крупноглыбового субстрата гранитоидов, имеет западинно-холмистый облик с колебаниями относительных высот в несколько метров. Характерно, что между хаотичного «вздыбленными» глыбами и их обломками наблюдаются относительно выровненные участки с преобладанием субгоризонтально залегающих уплощенных и плитчатых глыб размером в поперечнике 1,5–2,0 м². Отдельные из них выглядят как фрагменты более крупных исходных образований, разединенных по типу «битой тарелки» в результате встряски. При этом в ряде случаев плитчатые фрагменты глыб несколько развернуты по отношению друг к другу и разобщены мелкообломочным материалом.

Анализ растительного покрова террасированных склонов на Талиджакском участке проведен от днища р. Талиджак в предгорье хр. Баджальский до господствующей вершины сопки на водоразделе Талиджак–Герби в 1756 м (рис. 2). Выше днища долины Талиджака (абсолютная высота 680–700 м) примерно до высоты 900 м растительность представлена преимущественно лиственницей с примесью крупноствольных берез, ольхи и подлеска. В пределах участка между высотами от 900 до 1200 м наблюдается угнетение

лиственного покрова, а березово-ольховый подлесок приобретает криволинейность и низкорослость. В поясе высот 1200–1500 м лиственницы низкорослые, резко выделяются на фоне густой поросли ольхи и березы стланикового типа. Выше преобладают заросли березового и кедрового стлаников с единичными лиственницами, еще выше распространены только кедровые стланики и мхи с примесью травянистых растений. Склон заканчивается уплощенной слабоволнистой привершинной поверхностью с небольшими куртинами кедрового стланика (1750 м). Растительный покров на вершинной поверхности представлен разобщенными зарослями кедрового стланика, приуроченного обычно к участкам мелкоглыбового дробления субстрата. Поверхность глыб и обломков чаще всего покрыта горным «загаром» и разновидностями мхов с преобладанием лишайников, а также кустиками травянистой растительности. Нарушения растительного покрова в виде значительных разрывов и разобщений здесь редки и скорее связаны с межсезонными явлениями климата или гравитационным уплотнением почвы.

Анализируя распределение растительности нагорного склона на Талиджакском участке, можно сказать, что, несмотря на закономерные изменения растительного покрова с высотой, растительные сообщества принадлежат к единому временному срезу образования и развития и подчинены высотной поясности климатической зональности. Это указывает на временную синхронность образования террасовых уровней склона в целом.

Рассматриваемые в статье участки террасированных склонов отстоят друг от друга на сотни километров и сложены разными по составу горными породами. Как упоминалось выше, если на Талиджакском участке они представлены такими интрузивными образованиями, как граниты, гранодиориты, граносиениты, гранодиорит-порфиры, то на Амутском участке это преимущественно метаморфизованные осадочные породы (песчаники, сланцы, кварциты), претерпевшие складчатость в мезозое. Абсолютные отметки вершин таких склонов также различаются: на Талиджакском участке – 1756 м, на Амутском – 1100–1200 м. Несмотря на различия, некоторые особенности морфологии террасированных склонов на обоих участках одинаковы. Участки приурочены к пересечению разломов северо-восточного и субмеридионального направлений и располагаются в районах с активными разнонаправленными блоковыми неотектоническими движениями и высоким уровнем современной сейсмоактивности (рис. 3). На Талиджакском участке достаточно хорошо видна приуроченность палеосейсмодислокаций обвального типа непосредственно к внешнему борту дугового разлома, контролирующего долину р. Талиджак, в то время как террасированные склоны прилегают к внутреннему обрамлению овального блока (рис. 4). На Амутском участке аналогичные склоны тяготеют к борту одноименной разломной зоны, но более чем на 1 км удалены от аккумулятивного тела сейсмообвала, образовавшего вниз по течению реки плотинное Амутское озеро [10].

В результате детальных работ установлены признаки тектонического смещения террас. Тектонический характер смещения подтверждается следующими признаками. Прежде всего самой морфологией террас, у которых пологонаклонные поверхности покрыты растительностью, а их крутые склоны лишены растительности и представлены глыбово-обломочными образованиями курумного облика. На поверхности некоторых скальных выступов видны вдольсклоновые грубые борозды и штрихи скольжения, характерные для молодых неотектонических разломов. В основании крутых склонов террас, как правило, наблюдаются поперечно-склоновые крутостенные рвы и западины, днища которых выполнены глыбовым материалом. При этом в ряде случаев плитчатые обломки пород располагаются веерообразно по отношению друг к другу, указывая на процесс глубинного «засасывания» глыбового материала при растяжении, что характерно для современных активных дислокаций. В работе А.Н. Овсученко с соавторами [18] также отмечается, что склоны, разделяющие террасовые уровни, часто покрыты активными курумами или представляют собой обвалы, вовлеченные в курумообразование.

Достаточно уверенно прослеживается связь террасированных склонов с зонами развития активных разломов и сейсмогравитационных образований (рис. 3). При этом если

явно сейсмогравитационные структуры располагаются непосредственно в приразломной зоне, то террасированные склоны сформировались на некотором удалении от сеймо-структур. Пространственная оторванность подобных склонов от очаговых зон главного сейсмического события отмечается также и в других регионах [2, 4, 8, 17, 20]. Выявлена закономерность, что чем выше магнитуда землетрясений, тем дальше от эпицентра проявляется их влияние на склоновые процессы, а при очень сильных толчках происходит усиление процессов преобразования рельефа [15].

Пологие поверхности террас на обоих исследованных участках покрыты практически однотипной листовничной растительностью с подлеском. Разделяющие их грубообломочные участки склона имеют сравнительно свежий облик и, помимо мохово-лишайникового покрова, как правило, лишены иной растительности. Приблизительные дендрологические оценки, проведенные по листовницам на террасах Талиджакского участка, показывают возраст от 200 до 300 и, возможно, более лет [16]. Он близок к возрасту листовниц на Амутском сбросообвале [10]. Характер растительности на поверхности террас указывает на то, что она подчинена высотно-климатической зональности и сформировалась преимущественно вслед за сейсмическим событием. Некоторые наблюдаемые деформации стволов деревьев в виде саблевидных загибов и скручивания, видимо, отражают постсейсмогенные неотектонические и гравитационные подвижки. Поэтому можно сделать вывод, что формирование Талиджакского террасированного склона, как и его амутского аналога, связано с близкими по времени сейсмогенными событиями.

Заключение

Рассматриваемые нами террасированные склоны, вероятнее всего, связаны с переформированием более ранних субкурумных или типично курумных склонов, с одной стороны, под действием восходящих блоковых неотектонических движений в рамках продолжающегося процесса горообразования, а с другой – под влиянием сейсмогенных событий. На это указывают как выдержанность по высоте отдельных террас внутри ярусов вдоль склонов, так и признаки тектонического смещения и растяжения по локальным разломам, тесная пространственная связь террасированных склонов с зонами развития сейсмогравитационных образований типа обвалов, срывов и тектонических рвов. Землетрясения послужили толчком к новому этапу развития курумного процесса, сопровождавшего формирование ярусов нагорных террас. Ложбины и западины, разделяющие ярусы террас, можно считать аналогами сейсмогенных рвов, выполненных глыбовым материалом подобно коллювиальным клиньям. В качестве модели мы рассматриваем способ формирования террасированных склонов под влиянием тектонического вдольсклонового расслоения на окраинах активно воздымающихся неотектонических блоков в результате сейсмогенной встряски. При этом происходит крутое или субвертикальное смещение относительно друг друга консолидированных призм скальных пород независимо от их генетических типов.

Террасированные склоны изученного типа можно рассматривать как индикаторы палеоземлетрясений, информация о которых важна для оценки сейсмического потенциала и сейсмоопасности региона. Широкая распространенность курумов в Дальневосточном регионе требует обращать пристальное внимание на признаки их сейсмогенных деформаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агатова А.Р., Непоп Р.К. Сейсотектоническая активность как триггер солифлюкционно-оползневых процессов в высокогорной части Алтая в позднем плейстоцене – голоцене // Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ: материалы 48-го тектонического совещания. Т. 1. М.: ГЕОС, 2016. С. 3–5.

2. Благоволин Н.С., Муратов В.М., Тимофеев Д.А. Некоторые вопросы формирования склонов в условиях различных морфоструктур // Изв. АН СССР. Серия: География. 1963. № 3. С. 16–25.
3. Важнин Б.П. Принципы, методы и результаты палеосейсмологических исследований на Северо-Востоке России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. 205 с.
4. Винниченко Г.П., Таджикибеков М. Палеосейсмодислокации и природа связей очагов сейсмических толчков с дизъюнктивами // Докл. АН Респ. Таджикистан. 2008. Т. 51, № 10. С. 47–58.
5. Говорушко С.М. Курумовый морфолитогенез. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 120 с.
6. Говорушко С.М. Методы определения возраста курумов // Геоморфология. 1985. № 4. С. 71–74.
7. Гончаров А.В. Курумология. Минск: Выдавецтва, 2010. 205 с.
8. Готванский В.И., Лебедев Е.В. Влияние природных и антропогенных факторов на напряженность геоморфологических процессов на Дальнем Востоке // Геоморфология. 2010. № 2. С. 26–35.
9. Гравис К.Ф. Стадийность в развитии нагорных террас (на примере хр. Удокан) // Вопросы географии Забайкальского Севера. М.: Наука, 1964. С. 133–142.
10. Иванников Ю.К., Онухов Ф.С., Сазыкин А.М., Ставров В.Н. Сейсмологические и неотектонические особенности северо-восточного фланга Бурейнского массива // Тихоокеан. геология. 1988. № 4. С. 42–49.
11. Короткий А.М., Коробов В.В., Скрыльник Г.П. Обвалы и оползни юга Российского Дальнего Востока // Геоморфология. 2009. № 2. С. 50–59.
12. Короткий А.М. Отражения сейсмических процессов в рельефе и геологических разрезах юга Дальнего Востока России // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 3. С. 81–92.
13. Короткий А.М., Коробов В.В., Скрыльник Г.П. Признаки перигляциальных склоновых процессов в рельефе и четвертичных отложениях юга Дальнего Востока // Геоморфология. 2010. № 4. С. 47–58.
14. Кривоуццкий А.Е. К проблеме эволюции склонов // Вестн. МГУ. Серия: География. 1964. № 2. С. 40–50.
15. Лунина О.В., Андреев А.В., Гладков А.А. Закономерности проявления и модели локализации опасных геологических процессов при сейсмогенной активизации разломов на юге Сибири и в Монголии // Геология и геофизика. 2014. № 8. С. 1294–1313.
16. Николаев В.В., Семенов Р.В., Оскорбин Л.С., Карсаков Л.П., Малышев Ю.Ф., Онухов Ф.С., Ставров В.Н. Сейсмоструктура Нижнего Приамурья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 128 с.
17. Никонов А.А. Палеосейсмологический метод при сейсмическом районировании и оценке сейсмической опасности // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 2/3. М.: Наука, 1995. С. 46–62.
18. Овсяченко А.Н., Трофименко С.В., Новиков С.С., Диденко А.Н., Имаев В.С. Задачи прогноза сейсмической опасности территории Нижнего Приамурья: палеосейсмологический и сейсмологический аспекты // Тихоокеан. геология. 2018. Т. 37, № 2. С. 59–75.
19. Овсяченко А.Н., Трофименко С.В., Мараханов А.В., Карасев П.С., Рогожин Е.А. Сейсмоструктура переходной области от Байкальской рифтовой зоны к орогенному поднятию Станового хребта // Геотектоника. 2010. № 1. С. 29–51.
20. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмология. Владивосток: Дальнаука, 2009. 164 с.
21. Романовский Н.Н., Тюрин А.И., Афонская Л.Г., Волкова В.П. Формирование курумов гольцового пояса гор // Проблемы геокриологии. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. С. 12–18.
22. Симонов Ю.Г. Курумы Восточного Забайкалья, их происхождение, развитие и место в палеогеоморфологическом анализе горных стран // Проблемы регионального зимоведения. Вып. 1. Чита: Забайкал. геогр. о-во, 1966. С. 41–44.
23. Смекалин О.П., Чипизубов А.В., Имаев В.С. Палеоземлетрясения Прибайкалья: методы и результаты датирования // Геодинамика и тектонофизика. 2010. Т. 1, № 1. С. 55–74.
24. Трофимов А.М. Основы аналитической теории развития склонов. Казань: Казан. гос. ун-т, 1974. 90 с.
25. Палеосейсмология / под ред. Дж. Мак-Калина: в 2 т. М.: Науч. мир, 2011. Т. 1. 560 с.; Т. 2. 400 с.
26. Уфимцев Г.Ф. Сейсмичность и структура Байкальского рифта // Отечественная геология. 1994. № 1. С. 44–49.
27. Флоренсов Н.А. Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука, 1978. 93 с.

Д.С. МАКСЕЕВ, С.А. ФЕДОРОВ, К.И. АКСЕНТОВ, Р.Б. ШАКИРОВ

Новые геохимические данные по осадкам Южно-Татарского осадочного бассейна (по результатам 54-го рейса НИС «Академик Опарин»)

Геохимические исследования осадков помогают выделять площади распределения глубинного флюида, размещения рудных тел и россыпей полезных компонентов и много других аспектов. Татарский пролив представляет собой природную лабораторию, в которой можно изучать различные стороны седиментогенеза. В статье приведены результаты исследований геохимических особенностей поверхностного слоя донных осадков Южно-Татарского осадочного бассейна, полученных в ходе экспедиции в 54-м рейсе НИС «Академик Опарин». В них отмечены повышенные содержания кремнезема (75 масс.%), оксида магния (5,1 масс.%). Высокие концентрации ванадия (до 300 г/т) и серы (до 0,7 масс.%) приурочены к Тернейскому прогибу (эпипатальная зона). Подобные содержания серы можно объяснить активной минерализацией сульфидов и/или наличием углеводородов. Цветные, в том числе тяжелые, металлы (Pb) также концентрируются в Тернейском прогибе.

Полученные результаты могут быть использованы при анализе условий образования современных осадочных толщ Южно-Татарского бассейна, для прогнозирования россыпных шельфовых и осадочных месторождений.

Ключевые слова: донные осадки, химический состав, коэффициент концентрации, Татарский пролив, Японское море.

New geochemistry data on sediments of the South Tatar sediment basin (basing on the 54th cruise of RV "Akademik Oparin"). D.S. MAKSEEV^{1,2}, S.A. FEDOROV³, K.I. AKSENTOV¹, R.B. SHAKIROV¹ (¹V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok; ²Far Eastern Federal University, Vladivostok; ³Institute of Metallurgy, UrB RAS, Yekaterinburg).

Geochemical studies of sediments help to allocate the area of the deep fluid distribution, the placement of ore bodies and placers of useful components and many other aspects. The Tatar Strait is a natural laboratory, where we can study different aspects of sedimentogenesis. The article studies the geochemical features of bottom sediments in the South-Tatar sediment basin obtained during 54th Cruise of RV "Akademik Oparin". They have increased contents of silica (75 wt.%), magnesium oxide (5.1 wt.%). High concentrations of vanadium (up to 300 g/t) and sulfur (up to 0.7 wt.%) are located in the Terneysky depression (epibathyal zone). Such sulfur contents may be associated with active sulfide mineralization and/or the presence of hydrocarbons. Non-ferrous metals, including heavy metals (Pb), are also concentrated in the Terneysky depression.

The obtained results can be used to analyze the conditions of modern sediment strata of the South Tatar basin, as well as to forecast alluvial shelf and sediment deposits.

Key words: bottom sediments, chemical composition, concentration coefficient, the Tatar Strait, the Japan Sea.

*МАКСЕЕВ Даниил Сергеевич – инженер (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток), магистрант (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ФЕДОРОВ Сергей Андреевич – младший научный сотрудник, аспирант (Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург), АКСЕНТОВ Кирилл Игоревич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ШАКИРОВ Ренат Белалович – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: maxdan@bk.ru

Исследование поддержано грантами РФФИ 18-05-00153 и Комплексной программы ДВО РАН «Дальний Восток» на 2018–2020 годы 18-1-008.

Введение

В настоящее время расширяются районы добычи и разведки углеводородов на морских акваториях. Вследствие этого возрастают объемы оценочно-поисковых работ. Поверхностные осадки являются главными объектами изучения при использовании геохимических методов. Геохимические исследования осадков помогают локализовать проявления глубинного флюида, зоны размещения рудных тел и россыпей полезных компонентов и др. Таким образом, геохимическая съемка донных отложений – важное направление современных исследований в окраинных морях, позволяющее объяснить ряд природных литохимических и седиментологических явлений и процессов [9].

Татарский пролив – природная лаборатория, в которой можно изучать различные стороны седиментогенеза. Являясь северным продолжением Японского моря, пролив расположен между разными по степени зрелости элементами суши. Изучение влияния островной и материковой суши на формирование современных осадков представляется крайне важным для выяснения особенностей осадконакопления и решения вопросов минерации в конкретной акватории [10].

В статье проведены исследование геохимических особенностей донных осадков южной части Татарского пролива и сравнение результатов с уже известными литературными данными по этому району [1–3, 6, 10].

Объекты и методы исследования

Исследуемый материал – 61 проба поверхностных (0–5 см) донных осадков, отобранных в Южно-Татарском осадочном бассейне в ходе комплексной геолого-геофизической экспедиции ТОИ ДВО РАН в 54-м рейсе НИС «Академик Опарин». Исследовалась преимущественно центральная часть бассейна (в структурном плане были охвачены площади Тернейского прогиба, Западно-Лопатинского и Пионерского поднятий, Приморской

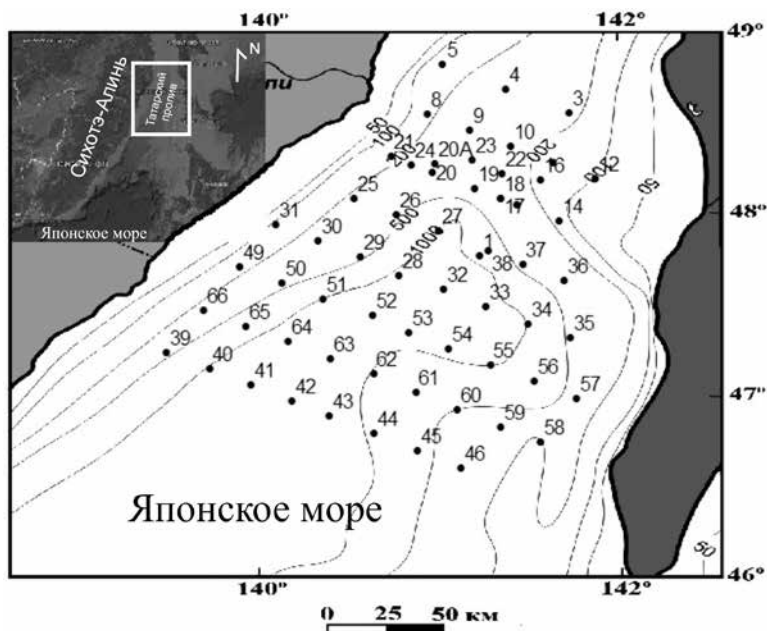


Рис. 1. Расположение сети проботбора (точка и номер станции) в южной части Татарского пролива (изолиниями показаны изобаты), Японское море. На врезке белым прямоугольником показано положение района работ

моноклинали). Масштаб съемки 1 : 2 500 000, пробы отбиралась примерно через 25 км. Профили, по которым происходила съемка, располагались на расстоянии 30 км друг от друга в юго-восточном направлении (азимут 110°, рис. 1). Методика пробоотбора приведена в [7].

Станции литологического опробования находились в шельфовой зоне (сублитораль и эпибатиаль, соответственно 9 и 44 % от суммарного количества точек) и на континентальном склоне (батиаль, 42 %).

Каждая проба осадков была подвержена рентгенофлуоресцентному анализу на XRF-анализаторе DELTA, предел обнаружения элементов в режиме количественного анализа – на уровне 5 ppm (миллионных долей). Данные получены для всех петрогенных элементов, цветных и щелочных металлов. Построение схем и карт на основе этих данных осуществлялось при помощи среды ArcMap в пакете программ ArcGis 10.6.1. Описание структурной привязки полученных результатов осуществлялась по [3].

Результаты и обсуждение

Гранулометрический состав

Пробы отобраны из трех морских зон дна Татарского пролива: сублиторали (до 200 м), эпибатиали (200–500 м) и батиали (от 500 м до максимальной глубины опробования 1300 м). Длина кернов осадка в среднем не превышала 250 см, в связи с чем большинство проб представлены терригенным материалом преимущественно псаммитовой (пески) и пелитовой (илы) фракций, реже встречается псефитовая (галька).

Пелитовый материал расположен в центральной глубоководной части залива (батиаль и эпибатиаль, Тернейский прогиб) и представлен алевролит-пелитовым илом с примесью органических остатков (морские звезды, черви). Крупность зерен не превышает 10 мкм, за исключением органики. У отдельных проб осадков, отобранных в северной части Тернейского прогиба, наблюдается запах сероводорода (они имеют оливково-серый цвет). Количество силикатов в указанных зонах меньше на несколько процентов (до 11 масс.%) по сравнению с шельфовой зоной. Однако здесь возрастает количество оксидов, гидроксидов и сульфидов (последних до 2 масс.%), что свойственно упомянутым структурам [1, 3, 6]. Содержание акцессорных минералов (титанит, циркон, ильменит и т.д.) падает примерно с 0,6 до 0,4 масс.% с севера на юг с увеличением глубины бассейна.

Псаммитовый и псефитовый материал, представленный полимиктовыми мелкозернистыми песками и галькой с баянусами, сосредоточен в прибрежной и приостровной зонах (сублитораль и часть эпибатиали): на Приморской моноклинали, Западно-Лопатинском и Пионерском поднятиях. Здесь значительно выше содержания силикатов и акцессорных минералов в связи с ближайшим выносом последних из русел рек, впадающих в пролив. Стоит отметить небольшую разницу в осадочных отложениях приматериковой и приостровной зон: в первой на 0,1–0,2 масс.% больше акцессорных минералов. Связано это с большей протяженностью рек на материке и наличием вблизи берега множества крупных интрузивных массивов (магматические комплексы Сихотэ-Алинской складчатой системы).

Макроэлементный состав

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа проб донных осадков, анализа с кларковыми значениями выявлена отчетливая асимметрия в накоплении ряда элементов в Южно-Татарском осадочном бассейне. На приматериковом шельфе, в прибрежной его части, степень основности осадков выше, чем на приостровном шельфе. На это указывают содержания таких элементов, как Si, Al, Ti, Mg, K и др. По ним возможно установить основность донных осадков, если провести сравнения с кларками в главных

типах пород [4, 5]. Для анализа были взяты следующие пять компонентов (по отношению содержания в земной коре):

1) кремнезем (SiO_2). Максимальное его накопление – почти до 75 масс.% – наблюдается в прибрежных зонах приостровного (Сахалин) и приматерикового шельфов, в частности в северной части бассейна (сублитораль). Минимальные содержания – 68–70 масс.% – в центральной и южной, глубоководной, частях бассейна (Тернейский прогиб, зона батиаля). На приостровном шельфе содержание SiO_2 примерно на 1–2 масс.% выше, чем на приматериковом. Это отчетливо видно в северной части бассейна, где разница содержания окиси кремния достигает 6 масс.%. Такие содержания кремнезема свойственны бассейну Татарского залива [10], однако содержание выше среднего [2]: кларк концентрации (отношение содержания концентрации элемента в исследуемых осадках к среднему содержанию элемента в земной коре, далее КК) везде выше единицы в связи с большим количеством песчаного материала и его химически инертным состоянием (рис. 2);

2) глинозем (Al_2O_3). Самые высокие его содержания (до 12 масс.%) – в северной эпibatальной зоне бассейна, а также на континентальном шельфе. Такие высокие значения обусловлены смывом глиноземистого материала с щелочных магматических комплексов Сихотэ-Алинской складчатой системы. Самые низкие содержания – в батимальной зоне (около 8 масс.%), что согласуется с [2], и на приостровном шельфе – 7,1 масс.%, что противоречит [2], так как там основная концентрация Al отмечается в шельфовых зонах. КК менее 1: содержание Al почти в 1,5 раза меньше, чем в земной коре, это характерно для бассейна Татарского залива [2]. Внешне картина визуальна близка к конусу выноса с северной приматериковой области (рис. 2);

3) окись магния (MgO). Самые высокие содержания, до 5,1 масс.%, отмечены в батимальной зоне бассейна, что связано с перераспределением компонентов в водном бассейне (количество от сублиторальной зоны к батимальной меняется с 2,7 до 5 масс.%) и, предположительно, с образованием аутигенных минералов (группа брусита, доломит, магнезит). На приматериковом шельфе содержания окиси магния выше – 2,7–5 против 2,6–4,7 масс.% на приостровном шельфе, разница достигает 0,4 масс.%;

4) оксид титана (TiO_2). Наблюдается аналогичное с предыдущими случаями различие содержаний в прибрежных шельфовых зонах: в приматериковой – 0,47–0,64 (преобладающее значение около 0,6) масс.%, в приостровной – 0,36–0,61 (0,57) масс.%. В северной, эпibatальной зоне бассейна отмечены повышенные содержания оксида титана по сравнению с прибрежными зонами: 0,63–0,64 против 0,47–0,59 масс.%. Данный компонент в прибрежных зонах, в связи с повышенной концентрацией (выше 0,5 масс.%), образует прибрежные титаномагнетитовые или титанитовые россыпи (предположительно, эти минералы: отмечены высокие содержания железа и кальция) [8].

5) оксид калия (K_2O). Один из немногих компонентов, который выбивается из общей картины: здесь содержания выше на приматериковом шельфе, нежели на приостровном: 3,2 против 3,0 масс.%. Это может быть связано с аутигенной минерализацией (образование калийных солей и глинистых (каолинита) минералов) либо с наличием щелочных массивов (сиенитов) недалеко от суши. В северной эпibatальной зоне бассейна содержания K_2O также высоки – 3,0–4,1 масс.%, причем здесь они выше на приостровном шельфе (4,1 против 4,0 масс.%).

Повышенные содержания рудных компонентов Fe, V, Mn наблюдаются, соответственно, в центральной, эпibatальной, зоне бассейна, в Тернейском прогибе и частично на Западно-Лопатинском поднятии. Связаны они с тонкой фракцией осадка (илами) и образуют там аутигенные минералы (оксиды и гидроксиды). Содержания в прогибах $\text{Fe}_{\text{сумм}}$ (рис. 3), MgO , MnO (против содержаний на прибрежной зоне) соответственно (в масс.%): 4 (5), 0,02–0,03 (5), 0,1–0,2 (0,06–0,07). Отмечено повышенное содержание железа в приматериковой зоне (до 5,5 масс.%), что также указывает на более высокую степень основности, чем в приостровной. КК железа выше 1, но не доходит до кондиционных значений (максимум – 1,43). Высокие значения КК отмечены для ванадия – до 2,5 (без пересчета на

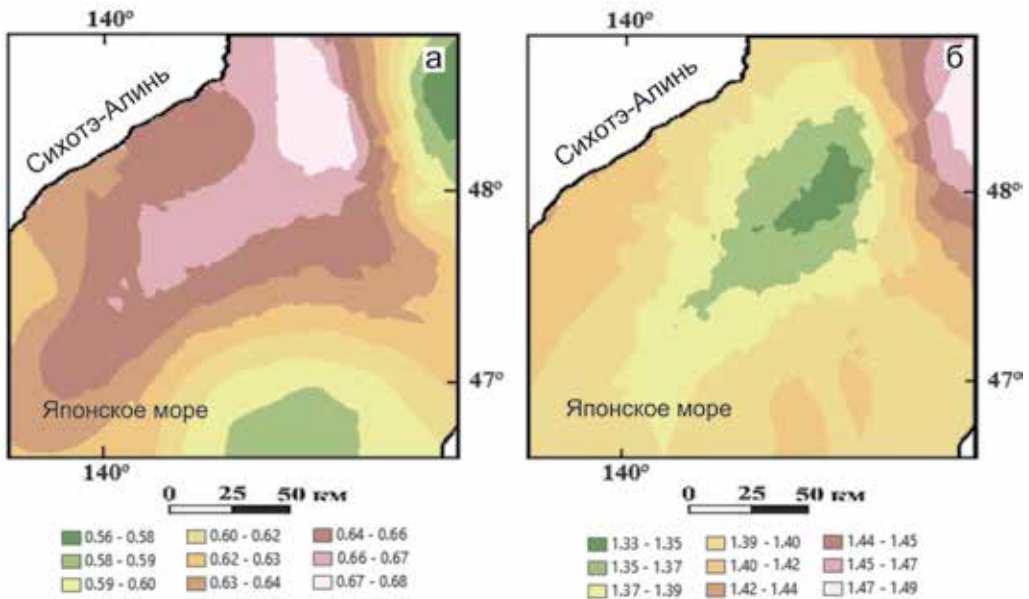


Рис. 2. Распределение кларков концентрации Al (а) и Si (б) на площади Южно-Татарского осадочного бассейна

окись), они намного выше среднего и близки к кондиционным. Также повышенные содержания наблюдаются у марганца (КК достигает 1,54) в южной части Тернейского прогиба.

Сера, которая зачастую образует аутигенные марказит и пирит с железом, концентрируется в эпипатиали (Тернейский прогиб); ее содержание равномерно уменьшается к прибрежной зоне (рис. 3). На такой характер распределения данного компонента могло повлиять наличие углеводородов. КК достигает 2 – высокого показателя для глубоководных осадков. Даже в сравнении с кларками для глубоководных глин и песчаников [4] этот показатель выше почти в 1,5 раза.

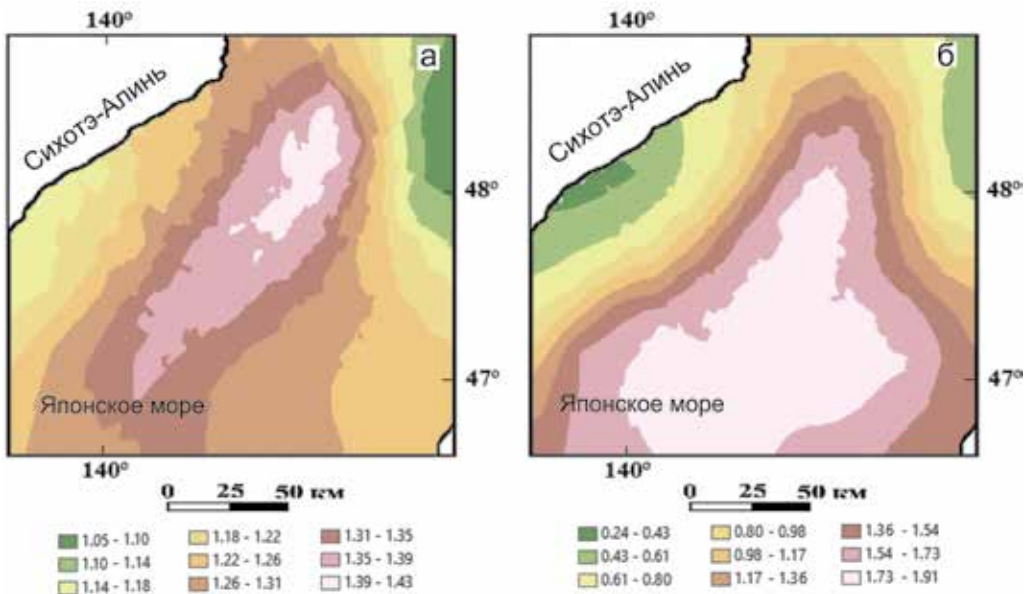


Рис. 3. Распределение кларков концентрации Fe (а) и S (б) на площади Южно-Татарского осадочного бассейна

Микроэлементный состав

Все акцессорные (в том числе рудные) компоненты, такие как Zr, сконцентрированы в прибрежных районах, в псаммитовой и псефитовой фракциях. Другие рудные компоненты, такие как Zn и Pb (и прочие цветные металлы), напротив, сконцентрированы в эпибатальной зоне бассейна (в южной части Тернейского прогиба), так как сами металлы и их соединения легко окисляются и переходят в раствор, благодаря чему могут легко переноситься из прибрежных зон. Однако форма их соединений не совсем ясна (оксиды или примесная). Содержания цветных металлов падает при движении в прибрежную сторону. Распределение Pb и Zn на исследуемой площади бассейна приведено на рис. 4.

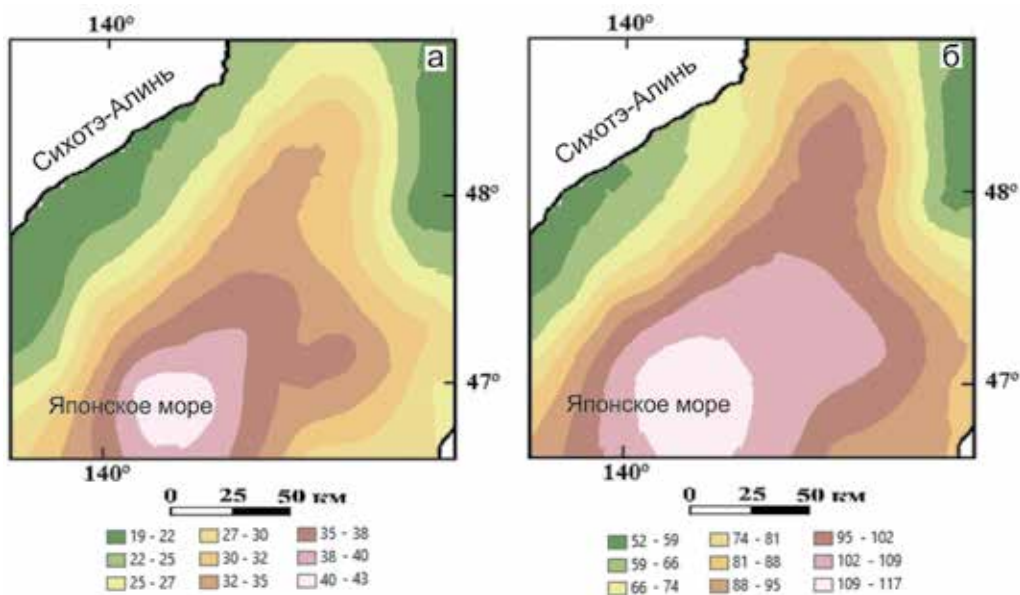


Рис. 4. Распределение концентрации (г/т) цветных металлов Pb (а), Zn (б) на площади Южно-Татарского осадочного бассейна

Выводы

Полученные данные по большей части согласуются с представлениями о возможном влиянии геологического строения суши в прибрежных зонах, в том числе Татарского пролива, и с данными источников [2, 10]. На материке недалеко от берега простирается хр. Сихотэ-Алинь, в строении которого участвуют интрузии среднего и кислого (щелочно-кислого) состава, возле берега наблюдаются протяженные покровы вулканитов и туфов основного состава; в связи с наличием указанных интрузивов отмечаются повышенные содержания некоторых щелочных (например, K_2O) компонентов в донных осадках. На острове Сахалин, наоборот, в основном находятся миоценовые, неогеновые и меловые терригенные породы и осадочные толщи кислого состава. В сравнении с данными Е.А. Радкевич с соавторами [2], которые провели анализ для всего Татарского пролива, в Южно-Татарском осадочном бассейне нами отмечены повышенные содержания кремнезема (75 против 71 масс.%) и оксида магния (5,1 против 1,1 масс.%).

Повышенные содержания отдельных компонентов (SiO_2 и TiO_2) в северной части бассейна связаны с сужением Татарского пролива и наличием преимущественно псаммитовой и псефитовой фракций (пески и гальки).

Содержания рудных компонентов Fe, V, Mn, способных образовывать осадочные месторождения на дне бассейна, не столь значительны в осадках. Исключение составляет

ванадий с концентрациями, близкими к кондиционным в эпибатальной зоне бассейна. В этой же зоне высоки содержания S, что может быть связано либо с активной минерализацией сульфидов, либо с наличием в Тернейском прогибе углеводородов.

Цветные, в том числе тяжелые, металлы (Pb) концентрируются также в глубоководной зоне Тернейского прогиба.

Полученные результаты могут быть использованы при анализе условий образования современных осадочных толщ Южно-Татарского бассейна. Также эти данные перспективны в целях прогнозирования россыпных шельфовых и осадочных месторождений и, вероятно, при поисках углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенова Т.П., Сараев С.В., Писарева Г.М. Осадконакопление в сублиторальной зоне Татарского пролива и современные россыпи титаномагнетита // Бассейновый литогенез и минерализация / АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т геологии и геофизики. Новосибирск, 1989. С. 9–16.
2. Геологическое строение прибрежной суши Японского моря / Е.А. Радкевич, С.А. Коренбаум, Г.А. Валуй, В.Ф. Игнатова, О.И. Горбатов // Морская геология и геологическое строение областей питания (Японское и Охотское моря). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 3–27.
3. Геология, геодинамика и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Татарского пролива / А.Э. Жаров, Г.Л. Кириллова, Л.С. Маргулис, Л.С. Чуйко, В.В. Куделькин, В.Г. Варнавский, В.Н. Гагаев; отв. ред. Г.Л. Кириллова. Владивосток: ДВО РАН, 2004. 220 с. (Осадочные бассейны Востока России / гл. ред. чл.-корр. РАН А.И. Ханчук; т. 2).
4. Геохимия осадочного процесса / В.Н. Холодов. М.: ГЕОС, 2006. 608 с.
5. Интерпретация геохимических данных: учеб. пособие / Е.В. Складов и др.; под ред. Е.В. Складова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-interpritiaciya-geohimicheskikh-dannyh> (дата обращения: 15.03.2019).
6. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Караулова Л.П., Мохова Л.М. Позднечетвертичные морские отложения Восточного Приморья (Японское море) // Тихоокеан. геология. 2006. Т. 25, № 2. С. 57–72.
7. Левин В.С. Методы анализа состава и физических свойств сублиторальных морских донных осадков в экологических исследованиях. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. 88 с.
8. Леликов Е.П. Атлас «Геология и полезные ископаемые шельфов России» // Вестн. ДВО РАН. 2006. № 1. С. 156–162.
9. Распределение газообразных углеводородов в донных отложениях и придонно-пограничном слое водной толщи континентального шельфа Южного Вьетнама / П.В. Илатовская, П.Б. Семенов, Е.О. Рыськова, А.Д. Портнов, П.И. Серов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7, № 4. С. 1–13.
10. Современное осадкообразование в Татарском проливе / В.Ф. Игнатова. М.: Наука, 1980. 78 с.

М.М. ДОНЕЦ, В.Ю. ЦЫГАНКОВ

Современные уровни загрязняющих веществ в промысловых объектах дальневосточных морей России

*Посвящается памяти
Ольги Николаевны Лукьяновой (1957–2019) –
доктора биологических наук,
ведущего научного сотрудника ТИНРО-Центра,
профессора кафедры экологии
Дальневосточного федерального университета,
научного руководителя*

В окружающей нас среде находятся опасные для здоровья человека поллютанты – тяжелые металлы, органические загрязняющие вещества и радионуклиды, которые подлежат обязательному контролю. В связи с этим одной из самых острых является проблема безопасности продуктов питания, в частности морского происхождения. В обзоре представлены современные данные, касающиеся наличия тяжелых металлов и стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) в промысловых видах растений и животных дальневосточных морей России – Японского, Охотского и Берингова, основных морских промысловых зон страны. Последние исследования показывают, что добываемые здесь гидробионты удовлетворяют санитарно-гигиеническим нормативам Таможенного союза, однако следует учесть, что работ по мониторингу СОЗ в них крайне мало. Перечень объектов исследований практически исчерпывается тихоокеанскими лососями и камбалами, что является неудовлетворительным, учитывая вклад Дальнего Востока в рыбохозяйственный комплекс России. Необходимы расширение мониторинговых исследований СОЗ в промысловых организмах дальневосточных морей и оценка экологических рисков для жителей прибрежных районов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, хлорорганические соединения, пищевая безопасность, гидробионты, морское сырье, дальневосточные моря.

Current levels of pollutants in commercial hydrobionts of the Russian Far Eastern seas. M.M. DONETS, V.Yu. TSYGANKOV (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

There are pollutants, harmful to the man's health, found in the environment – heavy metals, organic pollutants and radionuclides, which are subject to obligatory control. Safety of food, especially seafood, is one of the most important problems in the modern world. The review presents current data from studies of heavy metals and persistent organic pollutants (POPs) in commercial species of the Russian Far Eastern seas - the Sea of Japan, the Sea of Okhotsk and the Bering Sea are the main marine fishing zones of the Russian Federation. Recent studies show that commercial hydrobionts of the Far Eastern coast of Russia satisfy the sanitary and hygienic standards of the Customs Union. However, the work aimed at monitoring POPs is extremely small. The most studied commercial organisms of the Far East are Pacific salmon and flounder. That is extremely small, considering the contribution of the Far East to the fishery

*ДОНЕЦ Максим Михайлович – лаборант-исследователь, ЦЫГАНКОВ Василий Юрьевич – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, доцент (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

*E-mail: maksim.donecz@mail.ru

complex of Russia. It is necessary to expand monitoring studies of POPs in the commercial organisms of the Far Eastern seas and conduct the assessment of environmental risks for residents of coastal areas of this region.

Key words: heavy metals, organochlorine compounds, food safety, hydrobionts, marine raw materials, the Far Eastern seas.

Введение

Полноценное питание определяет качество и продолжительность жизни человека, его умственное и физическое развитие, работоспособность и др. Многие современные пищевые технологии направлены на разработку продуктов питания на основе морского сырья [43, 44, 49]. Поэтому, учитывая наличие большого количества загрязняющих веществ в различных экосистемах мира, в том числе и в Мировом океане [38, 39, 47], сегодня особенно актуальна проблема пищевой безопасности гидробионтов.

Из-за антропогенных и природных процессов в Мировой океан попадают различные виды загрязнений, часть из которых аккумулируется в промысловых морских организмах. Это влечет за собой ухудшение здоровья населения, снижение качества жизни и рост смертности. Наиболее известным примером является интоксикация людей ртутью при употреблении рыбы из бухты Минамата (Япония) [37, 45]. Этот инцидент показывает важность регулярного мониторинга токсичных элементов в основных промысловых зонах аквакультуры и контроля качества рыбной продукции.

В России с целью контроля загрязненности морских промысловых зон проводится ежегодный экологический мониторинг гидробионтов. При этом основное количество публикаций посвящено определению в морских организмах концентраций микроэлементов [3, 9, 10, 18, 19, 24, 27]. Только с недавнего времени начались крупные исследования содержания хлорорганических соединений в промысловых объектах Дальнего Востока России [15, 28, 29, 40, 42, 48].

Целью обзора являются анализ литературных данных по содержанию нормируемых элементов и органических загрязняющих веществ в гидробионтах дальневосточных морей России (с 2010 по 2018 г.) и оценка безопасности пищевого сырья.

Сравнение требований, предъявляемых к пищевому сырью морского происхождения в России и Европейском союзе

Безопасность пищевых продуктов гарантируется соблюдением норм, зафиксированных в документации по содержанию загрязняющих веществ химической и биологической природы, а также природных соединений, характерных для данного продукта и представляющих опасность для здоровья [18].

В каждой стране существуют нормативные документы, контролирующие безопасность пищевых продуктов. В странах Европы пищевые продукты должны соответствовать Директивам Европейского союза¹, в России безопасность пищевых продуктов регламентируют СанПиН 2.3.2.1078-01², Технический регламент Таможенного союза 021/2011³ и Технический регламент Евразийского экономического союза 040/2016⁴. Указанные документы устанавливают предельные концентрации кадмия, мышьяка, свинца, ртути, а

¹ Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs // Official Journal of the European Union. 20.12.2006. L364/5–24.

² СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (с изменениями на 6 июля 2011 года). М.: Минздрав России, 2002. 36 с.

³ ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» / Комиссия Таможенного союза. 2011. 242 с.

⁴ ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» / Совет Евразийской экономической комиссии. 2016. 135 с.

также дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и его метаболитов (ДДД и ДДЕ), конгенов полихлорированных бифенилов (ПХБ), диоксинов (ПХДФ, ПХДД) и изомеров гексахлорциклогексана (α -, β -, γ -ГХЦГ) в пищевых продуктах. Предельно допустимые концентрации (ПДК) для нормируемых элементов и соединений в трех российских документах одинаковы, в связи с этим при сравнении нормативов России и Европы был использован только СанПиН 2.3.2.1078-01. Перечисленные выше поллютанты обладают высокой токсичностью для человека, причем стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) считаются суперэкоотоксикантами, так как способны к биомагнификации (накопление по пищевой цепи с увеличением концентрации по трофическим уровням). Они вызывают серьезные нарушения здоровья: хлоракне, угнетение иммунной системы («химический» СПИД), проблемы с эндокринной и репродуктивной функциями [1].

При сравнении российских и европейских ПДК для токсичных элементов и СОЗ обнаруживается ряд различий (табл. 1). Так, в Европейском союзе приняты разные ПДК поллютантов для головоногих и двустворчатых моллюсков, а в России этого разделения нет. Нормативы ЕС по содержанию Pb и Cd в гидробионтах более жесткие, но не регламентируют ПДК токсичных элементов в водорослях.

Еще одна отличительная особенность европейских нормативов – отсутствие ПДК для мышьяка. В России мышьяк считается одним из самых токсичных элементов. В пищевых продуктах он может находиться в двух формах: неорганической (iAs) и органической (oAs) [36]. Первая наиболее токсична, вторая наносит значительно меньше вреда здоровью или не наносит вовсе. Средние летальные дозы (LD_{50}) для неорганической и органической форм варьируют от 15 до 175 и от 102 до $>10\ 000$ мг/кг массы тела соответственно. При этом токсичность органической формы зависит от типа соединения. oAs представлен широким рядом веществ, наиболее известные – арсенобетаин, арсеносахара, арсенолипиды и др. Водоросли, ракообразные и другие гидробионты зачастую содержат в своем составе именно органическую форму мышьяка. В ЕС считается, что при потреблении гидробионтов человек поглощает в основном oAs, что практически не влияет на здоровье, поэтому в Европе мышьяк и не нормируют.

Для СОЗ в европейских нормах регламентируются диоксины и диоксиноподобные ПХБ. Стоит отметить, что в ЕС максимально допустимые уровни СОЗ значительно меньше российских. В России нормируется содержание диоксинов и ПХБ для всего морского сырья, нормы изомеров ГХЦГ, ДДТ и его метаболитов установлены только для рыбы (табл. 1).

Таблица 1

Предельно допустимые уровни содержания токсичных веществ в морских гидробионтах, принятые в России и Европейском союзе, мг/кг сырой массы

Токсиканты	Гигиенические нормативы ЕС, мг/кг сырой массы (Директива комиссии ЕС № 1881/2006 от 19.12.2006 г.)					Гигиенические нормативы России, мг/кг сырой массы			
	Рыбы	Двустворчатые моллюски	Головоногие моллюски	Рако- образные	Водо- росли	Рыбы	Мол- люски	Рако- образные	Водо- росли
Свинец	0,3	1,5	1,0	0,5	–	1,0	10,0	10,0	0,5
Кадмий	0,05	1,5	1,0	0,5	–	0,2	2,0	2,0	1,0
Ртуть	0,5	0,2	–	0,5	–	0,5	0,2	0,2	0,1
Мышьяк	–	–	–	–	–	5,0	5,0	5,0	5,0
ДДТ ¹	–	–	–	–	–	0,2	–	–	–
ГХЦГ ²	–	–	–	–	–	0,2	–	–	–
ПХБ ³	$8 \cdot 10^{-12}$	$8 \cdot 10^{-12}$	$8 \cdot 10^{-12}$	$8 \cdot 10^{-12}$	$8 \cdot 10^{-12}$	2,0	2,0	2,0	2,0
Диоксины	$4 \cdot 10^{-12}$	$4 \cdot 10^{-12}$	$4 \cdot 10^{-12}$	$4 \cdot 10^{-12}$	$4 \cdot 10^{-12}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$

¹ Сумма ДДТ, ДДД и ДДЕ.

² Сумма α -, β -, γ -изомеров ГХЦГ.

³ Для нормативов Европы – сумма диоксинов и диоксиноподобных конгенов ПХБ.

Прочерк означает отсутствие ПДК.

Следует также отметить, что российские нормативы охватывают более широкий список веществ и элементов, чем европейские, однако для них необходимы актуализация показателей безопасности и введение новых, более современных методик определения отдельных веществ, в частности содержащих мышьяк.

Микроэлементы в водорослях российской части Японского моря

Тяжелые металлы (ТМ) относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдение за которыми обязательно, поскольку они передаются по пищевым цепям, накапливаясь в организме человека и животных [21]. ТМ имеют локальное, региональное и глобальное распространение; наиболее часто обнаруживаются Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Sn, V, Cr, Mo, Mn и Ni [2]. Поступление ТМ в водную среду может быть связано как с природными процессами (апвеллинги, извержения вулканов), так и с антропогенной активностью (автомобильные выхлопы, сжигание мусора, активная судоходная деятельность и т.д.) [8].

Одним из главных компонентов экосистемы моря являются макрофиты, широко используемые человеком в качестве биоресурса. В связи с наличием в их составе полисахаридов-комплексообразователей, имеющих сродство к поливалентным металлам (идет аккумуляция ТМ в талломах [8]), они рассматриваются как наиболее эффективные индикаторы экологического состояния морской среды [7, 9, 24, 27, 30]. Традиционно работы, направленные на определение концентраций микроэлементов в макрофитах Дальнего Востока, акцентируют внимание на влиянии человеческой деятельности в прибрежных акваториях, на экологическую обстановку того или иного района, отслеживают динамику изменения микроэлементного состава во времени и определяют влияние геохимических условий среды. Концентрации приводятся в мкг/г сухой массы, в то время как в нормативных документах ПДК используется размерность мг/кг сырой массы. Пересчет значений на сырую массу значительно уменьшает полученные концентрации, тем не менее в водорослях из районов с высокой антропогенной нагрузкой возможно превышение ПДК токсичных элементов.

В работе Л.Т. Ковековдой и Н.К. Христофоровой [9] была исследована зависимость между различиями микроэлементного состава красных, зеленых и бурых водорослей и временем их появления на Земле. Было подтверждено, что различия в способности концентрировать отдельные микроэлементы у различных отделов водорослей сохраняются до сих пор. Так, зеленые водоросли в большей степени, чем другие, концентрируют железо, в меньшей – рубидий. Красные водоросли занимают промежуточное положение между бурными и зелеными: концентрации цинка, мышьяка, марганца, кадмия, свинца и ртути в них соответствуют таковым в зеленых водорослях, а рубидия – в бурых; уровни железа в багрянках находятся между таковыми в зеленых и бурых водорослях. Бурые водоросли в меньшей степени накапливают марганец, в большей – мышьяк. Последний факт крайне важен, так как наибольшее промышленное значение имеют бурые водоросли, являющиеся сырьем для пищевых производств, получения пищевых и биологически активных добавок, лекарственных препаратов и т.д. В этой же работе авторы указывают на то, что микроэлементный состав водорослей не повторяет состав воды, что говорит о возможности водных растений регулировать накопление тех или иных химических элементов.

В работе В.М. Шулькина с соавторами [30] исследован микроэлементный состав бурых водорослей, произрастающих в бухте Рудная. Указанная бухта подвержена серьезному воздействию промышленных стоков из одноименной реки, на берегах которой располагается действующий свинцово-плавильный завод. Полученные данные указывают на неблагоприятную экологическую обстановку этого района в связи с образовавшейся гидрохимической аномалией из-за активной переработки руды в 1990-х годах. Стоит отметить, что индикаторами загрязнения среды, помимо прочих, выступили водоросли *Fucus evanescens*, *Cystoseira crassipes* и *Costaria costata*, активно используемые человеком

в пищевой промышленности [20]. В результате исследования определены концентрации Cu, Pb, Zn и Cd. Наиболее интересными являются данные по содержанию свинца, уровни которого превышают ПДК у мыса Бринера (около 0,7 мг/кг сырой массы), в 4,5 и 1,5 км южнее бухты Рудная (около 0,5 мг/кг сырой массы)⁵. Таким образом, водоросли из этого района не являются безопасными для использования человеком в пищу или для хозяйственных нужд и промышленности.

Для характеристики экологического состояния Амурского залива использовалась водоросль *Sargassum miyabei* [7], применяющаяся для производства альгиновых кислот, фукоиданов и других веществ [20]. Проведено сравнение с результатами 1995 г. Несмотря на общую динамику снижения концентраций Pb, на двух станциях (бухта Первой Речки и мыс Марковского) наблюдается значительное превышение ПДК (0,65 и 1,7 мг/кг сырой массы соответственно). Во втором случае исследователи видят причину в большом количестве ила и низкой гидродинамике в зал. Угловой, что способствует сорбции металла частицами грунта и приводит к его аккумуляции в водорослях. Тем не менее водоросли из Амурского залива вполне могут быть использованы для хозяйственной деятельности человека с точки зрения безопасности микроэлементного состава.

Залив Посыета исследовался в конце 1990-х годов и характеризовался серьезным превышением ПДК свинца в водорослях [4, 13, 17, 31]. В 2017 г. были представлены концентрации микроэлементов в водорослях *Sargassum miyabei*, *Sargassum pallidum* и *Cystoseira crassipes* из этого залива [24]. При сравнении результатов 1998 и 2016 гг. видно значительное снижение концентраций всех исследованных элементов (рис. 1), что свидетельствует об очистке залива.

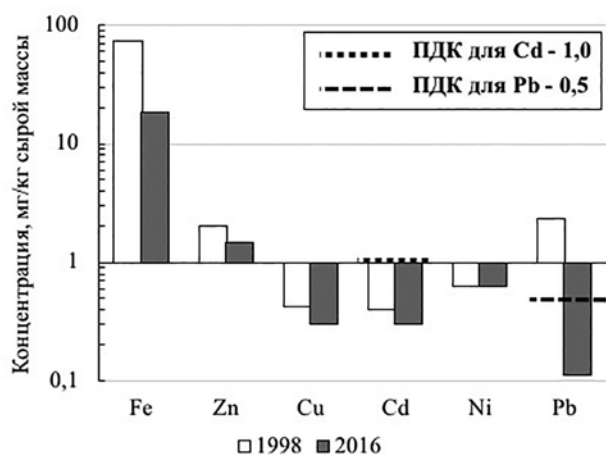


Рис. 1. Максимальные концентрации микроэлементов в водорослях зал. Посыета в 1998 и 2016 гг. [24]

отслеживания временных трендов изменения концентраций микроэлементов. В водорослях из обеих бухт отмечены повышение концентрации кадмия и неоднозначные изменения (как увеличение, так и уменьшение на некоторых станциях) концентрации свинца. В работе отмечается, что несмотря на меньшее время эксплуатации бухты Козьмина содержание Pb и Cd (до 0,42 и 0,29 мг/кг сырой массы соответственно) в ней выше, чем в бухте Врангеля (до 0,36 и 0,18 мг/кг сырой массы соответственно). Исследователи связывают это со стоянкой маломерного флота, постоянным подходом катеров и длительным накоплением судов, готовых к утилизации. На накопление токсикантов также влияет низкая гидродинамика бухты, что приводит к накоплению в донных отложениях железа и свинца.

⁵ В ряде работ концентрации загрязняющих веществ представлены в мкг/г или мг/кг сухой массы. Для сравнения с нормативами, где они представлены в мг/кг сырой массы, результаты пересчитывались. В работах, где не указывалась влажность образцов, для пересчета использовались средние значения влажности из литературы.

Отмечается увеличение техногенного пресса в этих районах. В целом исследованные водоросли удовлетворяют гигиеническим нормативам России. Тем не менее использование макрофитов из этих бухт в производственных процессах не рекомендуется ввиду активной портовой деятельности, которая чревата разливами нефтепродуктов и других органических загрязняющих веществ, исследование которых не производилось.

Сравнение максимальных концентраций свинца в водорослях для районов Японского моря с ПДК приведены на рис. 2. В целом видно, что повышенные концентрации Pb приурочены к местам, загрязненным в прошлом, или к районам с сильнейшей антропогенной активностью. Максимальные концентрации обнаружены в водорослях, собранных близ Владивостока, что свидетельствует о необходимости проведения природоохранных мероприятий. Безопасными с точки зрения содержания микроэлементов являются водоросли, находящиеся в более открытых бухтах с хорошей гидродинамикой, например из зал. Посыета.

Таким образом, основные исследования микроэлементного состава водорослей направлены не на оценку их безопасности для использования в хозяйственной деятельности человека, а на характеристику экологического состояния отдельных районов российской части Японского моря. Тем не менее оценка безопасности водорослей с точки зрения микроэлементного состава важна в первую очередь экономически, так как многие макрофиты дальневосточных морей являются сырьем для производства пищевых и биологически активных добавок, медицинских препаратов. В связи с этим требуется расширение исследований морских водорослей, при этом они должны рассматриваться не только как индикаторы экологического состояния района, но и как сырье для различных хозяйственных нужд.

Микроэлементный состав ракообразных российской части Японского моря

Морские промысловые ракообразные (например, крабы и креветки) используются человеком в пищу и служат сырьем для изготовления медицинских препаратов. К основным факторам, формирующим микроэлементный состав тканей гидробионтов, относят биологическую значимость элементов, т.е. выполняемые в организмах функции, и качество среды их обитания. Сведения о содержании ТМ в органах ракообразных весьма малочисленны, что доказывает необходимость расширения исследований, поскольку есть данные и о высоких концентрациях, например As, в креветках и крабах [34].

Количественная оценка содержания микроэлементов в морских ракообразных в сравнительном аспекте важна как для практических целей, так и для выяснения причин, определяющих формирование микроэлементного состава организмов. Известно, что грунты сорбируют различные элементы из водной толщи. Ракообразные, будучи бентосными

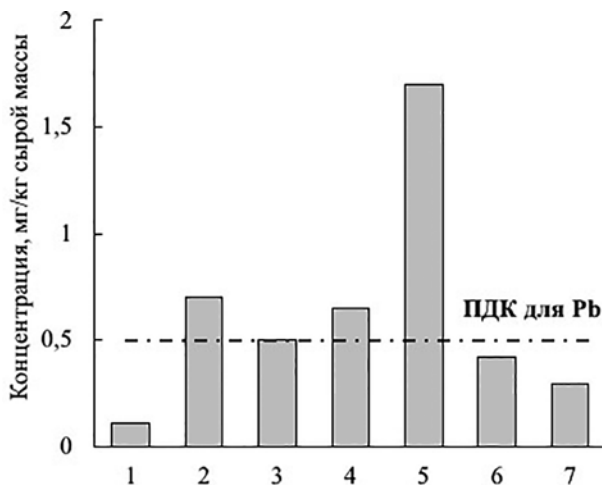


Рис. 2. Максимальные концентрации свинца, обнаруженные в водорослях Японского моря [27]. 1 – зал. Посыета, 2 – мыс Бринера, 3 – бухта Рудная, 4 – бухта Первой Речки (Владивосток), 5 – мыс Марковского, 6 – бухта Козьмина, 7 – бухта Врангеля

организмами, непосредственно контактируют с морским дном, ищут там пищу, что может способствовать накоплению ТМ в этих организмах.

Ракообразные в Японском море изучались Л.Т. Ковековдой с соавторами [12, 18]. Исследовались мягкие ткани промысловых ракообразных *Chionoecetes opilio*, *Paralithodes camtschaticus*, *Pandalus borealis*, *P. hypsinotus*, *Sclerocrangon salebrosa*, отобранных в 2012–2016 гг. у российского побережья. Были определены концентрации As, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Se и Hg. Наиболее примечательными являются данные по кадмию, свинцу, ртути и мышьяку.

Так, содержания Cd и Pb в промысловых ракообразных не превышают нормативных значений (диапазоны концентраций – 0,01–0,015 и 0,01–0,09 мг/кг сырой массы, ПДК – 2 и 10 мг/кг сырой массы соответственно). Максимальные концентрации ртути были выше, чем ПДК (0,2 мг/кг сырой массы), в отобранных в 2014 г. образцах мягких тканей клешней *Chionoecetes opilio* и составляли до 0,30 мг/кг сырой массы. Превышение ПДК ртути обнаружено только у этого вида, поэтому нет оснований полагать, что среда обитания ракообразных содержит большое количество Hg.

Наиболее важными являются данные о концентрациях мышьяка в исследованных образцах. Среди проб каждого года сбора и вида ракообразных отмечено превышение его ПДК (5 мг/кг сырой массы): *Chionoecetes opilio* – от 5,5 до 15,3; *Paralithodes camtschaticus* – от 5,8 до 8,8; *Pandalus borealis* – от 5,5 до 10,0; *P. hypsinotus* – от 6,6 до 16,2; *Sclerocrangon salebrosa* – от 5,4 до 17,3 мг/кг сырой массы. Превышение общего As выявлено в 17,5 % проанализированных особей *Pandalus borealis*, 33,3 % – *P. hypsinotus*, 17,0 % – *Chionoecetes opilio*, 68,0 % – *Paralithodes camtschaticus*, 35,5 % – *Sclerocrangon salebrosa*. Ввиду того, что нормативные документы России стандартизируют только общий мышьяк, ежегодно огромное количество ракообразных отбраковывается и не допускается к реализации на внутреннем и внешнем рынках. Авторы указывают на необходимость разработки методов отдельного определения органической и неорганической форм мышьяка и их отдельной стандартизации нормативными документами. (При этом считается, что мышьяк ракообразных находится в малотоксичной органической форме [34].)

Таким образом, исходя из представленных результатов, в соответствии с существующими гигиеническими нормативами микроэлементный состав исследованных ракообразных не может быть охарактеризован как полностью безопасный.

Микроэлементный состав двустворчатых моллюсков русской части Японского моря

Прибрежные воды Японского моря находятся под серьезным антропогенным и техногенным воздействием. Это приводит к нарушению природного фона многих элементов в среде и организмах. Двустворчатые моллюски являются организмами с фильтрующим характером питания, что подразумевает прокачку огромных объемов воды, несущих в себе, наряду с пищей, различные микроэлементы, в том числе и токсичные. Вследствие этого они способны аккумулировать отдельные микроэлементы до концентраций в 10^3 – 10^5 раз больших, чем в окружающей среде (гиперконцентрирование) [11]. Этот процесс может быть видоспецифичным: например, модиолус длиннощетинковый (*Modiolus modiolus*) в большей степени концентрирует Mn, гигантская устрица (*Crassostrea gigas*) – Zn и Cu, гребешок приморский (*Mizuhopecten yessoensis*) – Cd; и т.д. Таким образом, необходимость в мониторинге микроэлементного состава промысловых видов двустворчатых моллюсков вполне очевидна.

В работе Н.И. Стеблевой с соавторами [19] определен микроэлементный состав тканей отдельных видов гидробионтов, среди которых были мидия тихоокеанская (*Mytilus trossulus*) и гребешок приморский (*Mizuhopecten yessoensis*) из бухты Северная зал. Петра Великого. Известно, что в России в пищу используется мускул моллюсков. Оценить

безопасность исследованных моллюсков, используя представленные в исследовании результаты, достаточно сложно ввиду того, что анализу подвергались все мягкие ткани без разделения на органы, к тому же не исследовались свинец и ртуть. Тем не менее стоит отметить, что в мягких тканях тихоокеанской мидии концентрации кадмия и мышьяка были меньше пределов обнаружения (от 10^{-7} до 10^{-10} % для различных элементов). В приморском гребешке из исследованных нормируемых элементов был обнаружен только кадмий (1,2 мг/г сырой массы).

Выращивание морского гребешка на побережье Приморья началось более 30 лет назад, с 1988 г. Производство пришло в упадок с наступлением кризиса рыбной отрасли. Однако в последнее время постепенно восстанавливаются плантации и наращиваются объемы реализации продукции. Исследование содержания металлов и мышьяка в органах культивируемого приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*), собранного в 2014–2015 гг. [5], показало, что концентрации всех элементов (за исключением мышьяка) многократно возрастают ко второму году жизни и столь же значительно снижаются к третьему, когда гребешок достигает своих товарных размеров. Из нормируемых компонентов в мускуле гребешка определены кадмий, свинец и мышьяк. Особенно важным с точки зрения пищевой безопасности является кадмий, так как известно, что тихоокеанский гребешок способен содержать этот элемент в более высоких концентрациях, чем другие виды двустворчатых моллюсков [41]. Концентрации кадмия, свинца и мышьяка в мускуле гребешка составили (в среднем) 0,36, 0,008 и 0,1 мг/кг сырой массы соответственно, что не превышает нормативов концентраций России. Примечательным является содержание микроэлементов в пищеварительной железе исследованного моллюска. Этот орган является не только депонирующим, но и детоксицирующим. В связи с этим в нем накапливаются максимальные уровни меди, кадмия и свинца. Особенно велико содержание Cd – 2,56 мг/кг сырой массы (при ПДК для Cd 2,0 мг/кг сырой массы). Это создает опасность загрязнения товарного гребешка при нарушении технологической обработки, так как на производстве не всегда существует возможность мгновенной остановки технологического процесса и ликвидации потенциальных опасностей или дефектных продуктов.

Помимо приморского гребешка, в прибрежных акваториях Японского моря ведется промысел таких моллюсков, как мидия тихоокеанская (*Mytilus trossulus*), мидия Грея (*Crenomutilus grayanus*), модиолус длиннощетиноквый (*Modiolus modiolus*) и устрица гигантская (*Crassostrea gigas*). В настоящее время в России расширен список промысловых видов моллюсков, куда были добавлены спизула сахалинская (*Spisula sachalinensis*) и мерценария Стимпсона (*Mercenaria stimpsoni*). В 2014 г. исследован микроэлементный состав этих моллюсков. Образцы отбирались в бухте Бойсмана, зал. Китовое Ребро и в бухте Рудная [11]. Концентрации As, Cd, Pb и Hg не превышали установленных в России ПДК.

Таким образом, согласно гигиеническим нормативам России, двустворчатые моллюски из Японского моря являются безопасными для употребления в пищу. Однако их способность концентрировать в своих тканях различные элементы (в том числе токсичные) создает острую необходимость в регулярном мониторинге их микроэлементного состава.

Микроэлементный состав рыб дальневосточных морей России

Рыбы и рыбная продукция – один из основных источников полноценного и легкоусвояемого белка для человека, поэтому производится оценка их качества на содержание эссенциальных (необходимых – Fe, Zn, Cu, K, Na, Mg и др.) и неэссенциальных (токсичных) элементов [10].

В 2011 г. проведено исследование микроэлементного состава дальневосточной красноперки (*Tribolodon brandtii*) и кефали-лобана (*Mugil cephalus*), выловленных в зал. Петра Великого [3]. Эти организмы являются массовыми видами ихтиофауны прибрежных вод Дальнего Востока и имеют промысловое значение. Кадмий и ртуть не определялись ни

в одной из проб. Концентрации свинца и мышьяка составляли для дальневосточной красноперки 0,034 и 0,026 мг/кг сырой массы, а для кефали-лобана 0,048 и 0,031 мг/кг сырой массы соответственно. Также был оценен уровень СОЗ, однако во всех исследованных пробах концентрации ДДТ, ГХЦГ и ПХБ были ниже пределов обнаружения оборудования, хотя наиболее актуальные исследования [40, 42, 48] показывают, что СОЗ обнаруживаются во всех исследуемых пробах, пусть и в небольших количествах. Невозможность точного определения концентраций СОЗ может быть связана с высоким минимальным пределом обнаружения используемого оборудования и методиками пробоподготовки. Полученные значения загрязняющих веществ отсутствуют или значительно меньше ПДК, что указывает на безопасность этих рыб для употребления в пищу.

Известно, что зоны смешения соленых и пресных вод рассматриваются как геохимические барьеры на пути поступления микроэлементов в морские экосистемы. Здесь происходит осаждение многих растворенных и взвешенных в пресной воде веществ, что приводит к их накоплению в водных массах и грунтах. В связи с этим такие районы считаются зонами накопления токсикантов. Проводились исследования тканей придонных рыб: красноперки (*Tribolodon brandtii*), минтая (*Theragra chalcogramma*), камбалы остроголовой (*Hippoglossoides (Cleisthenes) herzensteini*) и наваги тихоокеанской (*Eleginus gracilis*) [6, 19]. Образцы были собраны в различных районах зал. Петра Великого: бухте Северной, зал. Лебединый и прибрежных акваториях северо-восточной части о-ва Русский. Анализировали используемые в пищу ткани – кожу, мышцы и печень. Из нормируемых элементов у красноперки, камбалы и наваги определяли только мышьяк, у минтая – мышьяк и свинец. Обнаруженные концентрации значительно меньше ПДК. Тем не менее говорить о безопасности употребления в пищу исследованных рыб из представленных в работе данных невозможно, ввиду того что не изучалось содержание кадмия и ртути.

Среди пелагических объектов, являющихся основой рыболовства в дальневосточных морях, наибольшее промысловое значение имеют тихоокеанские лососи (род *Oncorhynchus*), по объему вылова стоящие на втором-третьем месте после минтая и сельди. Поэтому крайне важен контроль пищевой безопасности лососевых рыб. В 2012 и 2013 гг. при исследовании микроэлементного состава горбуши (*O. gorbuscha*) и кеты (*O. keta*) из прикурильского района Охотского моря [23, 26] определены концентрации 6 элементов (Zn, Cu, Cd, Pb, As, Hg). Превышения ПДК не зафиксировано, однако отмечено приближение концентраций свинца в тканях самок кеты (0,95 мг/кг сырой массы) к максимально допустимой концентрации (1,0 мг/кг сырой массы). В открытом океане свинец, как и другие микроэлементы, присутствует в очень малых, буквально следовых, количествах – от 5 до 150 пмоль/кг [35]. Однако он обладает высокой сорбционной способностью, т.е. сродством к поверхностям как живых, так и мертвых организмов. Адсорбция на поверхности любых мелких частиц, в том числе минеральных, приводит к «пассивному» выведению свинца из верхнего слоя воды и постепенному его осаждению. В зоне же, богатой питательными веществами, поставляемыми апвеллингами и вулканическими процессами, которая насыщена планктонными организмами, появляется большое количество биогенной взвеси и взвешенного свинца ($Pb_{взв}$). Горбуша и кета нагуливаются вдоль Курильских островов и Курило-Камчатского желоба [32, 33], и специфика геохимических условий за время нагула рыб в высококормном Курило-Камчатском регионе, богатом биогенной взвесью с высоким содержанием $Pb_{взв}$, отражается на микроэлементном составе рыб [25].

Л.Т. Ковековдой с соавторами [10] был исследован микроэлементный состав рыб, выловленных в промысловых районах Дальнего Востока: терпуга восьмилнейного (*Hexagrammos octogrammus*), минтая (*Theragra chalcogramma*), горбуши, кеты, камбал. Обнаружены превышения концентраций кадмия и свинца в печени камбал остроголовой (*Cleisthenes herzensteini*), сахалинской (*Limanda sakhalinensis*) и желтоперой (*Limanda aspera*), а также тихоокеанских лососей – горбуши и кеты (табл. 2). У камбал, судя по всему, это связано с придонным образом жизни. Известно, что донные отложения могут

сорбировать тяжелые металлы в больших количествах, а камбалы являются типичными бентофагами, а также зарываются в грунт для защиты [22], что приводит к поступлению токсичных элементов в их организмы.

Таблица 2

Виды рыб, в печени которых концентрации кадмия и свинца (мг/кг сырой массы) превышают ПДК [10]

Район вылова	Вид	Токсикант	
		Cd	Pb
Охотское море	Камбала остроголовая	0,60 ± 0,06	–
	Камбала сахалинская	0,40 ± 0,04	–
Японское море	Камбала желтоперая	–	15,8 ± 1,6
Берингово море	Кета	0,288 ± 0,03	–
СЗТО	Горбуша	0,320 ± 0,03	–
ПДК		0,2	1,0

Примечание. Прочерк – концентрация не превышает нормативных значений. СЗТО – северо-западная часть Тихого океана.

Таким образом, микроэлементный состав рыб дальневосточных морей России позволяет считать безопасным их употребление в пищу. Однако отмечаются единичные превышения ПДК по свинцу и кадмию в рыбах, в основном камбалах и некоторых видах тихоокеанских лососей.

Стойкие органические загрязняющие вещества в некоторых гидробионтах дальневосточных морей России

Работы, исследующие концентрации СОЗ в тканях гидробионтов дальневосточных морей, начались сравнительно недавно, в связи с чем они достаточно малочисленны. Мониторинг данных соединений крайне важен ввиду их стойкости в окружающей среде, способности к биоаккумуляции и биомагнификации. Благодаря своим физико-химическим свойствам СОЗ способны перемещаться на большие расстояния за пределы зоны их использования, а также передаваться по пищевым цепям, обнаруживаясь в том числе в органах и тканях человека [46, 47].

В существующих работах исследуются концентрации α -, β - и γ -изомеров ГХЦГ, ДДТ и его метаболитов (ДДД, ДДЕ) и конгенов ПХБ в органах рыб, которые используются в пищу (печень, гонады, мышцы).

В 2015 г. исследовано содержание хлорорганических пестицидов (ХОП) у горбуши и кеты [15] (табл. 3). Исследованию подверглись мышцы, печень и гонады. ХОП были обнаружены во всех исследованных образцах. Наибольшие концентрации токсикантов были определены в гонадах как кеты, так и горбуши, причем в гонадах самцов концентрация ксенобиотиков была выше, чем в гонадах самок. Из метаболитов ГХЦГ были обнаружены α -, β - и γ -изомеры. Из метаболитов ДДТ – только ДДЕ, что свидетельствует о распаде исходного соединения и давности его применения. Сумма изомеров ГХЦГ была значительно выше ДДЕ. Содержание ХОП в кете было выше, чем в горбуше, что исследователи связывают с разной жирностью рыб и временем их пребывания в море. Сравнивая полученные результаты с российскими нормативами (для суммы метаболитов ДДТ – 200 нг/г, изомеров ГХЦГ – 200 нг/г сырой массы), можно заключить, что в пищевом отношении данные объекты не опасны, за исключением молок и икры кеты.

Также исследовались химический состав, биологическая ценность и безопасность минтая *Theragra chalcogramma* из зал. Петра Великого [14]. Проанализированы внутренние органы (все вместе) и мышечная ткань. Концентрации ХОП в мышечной ткани составляли соответственно 0,053 и 0,017 мг/кг сырой массы. Концентрация ПХБ

Таблица 3
**Концентрация ($M \pm SD$, нг/г сырой массы) суммы ХОП
 в образцах горбуши *Oncorhynchus gorbusha*
 и кеты *O. keta* [15]**

Вид	Орган, ткань	Сумма ХОП (ГХЦГ+ДДТ)
Горбуша	Мышцы	$29,9 \pm 5,1$ $40,8 \pm 9,9$
	Печень	$104,2 \pm 13,9$ $35,4 \pm 13,5$
	Гонады	$161,1 \pm 11,8$ $71,4 \pm 25,6$
Кета	Мышцы	$40,3 \pm 11,8$ $43,3 \pm 6,2$
	Печень	$56,5 \pm 25,2$ $65,8 \pm 21,4$
	Гонады	$987,0 \pm 328,0$ $490,5 \pm 150,6$
ПДК		400

Примечание. $M \pm SD$ – среднее значение показателя и его ошибка. Над чертой – данные по самцам, под чертой – по самкам.

2.3.2.1078-01, не превышает санитарно-эпидемиологические нормы Российской Федерации. Для тканей горбуши и кеты установлена следующая зависимость распределения токсикантов: молоко > икра > печень > мышцы, поскольку из-за липофильности ХОП органами-мишенями этих соединений в первую очередь выступают половые продукты. Также авторы подчеркивают, что в мышцах и печени горбуши накапливается больше пестицидов, чем у кеты. Однако концентрации ХОП в гонадах и икре кеты на порядок превышают таковые у горбуши, что может быть связано как с большей продолжительностью жизни кеты и длительностью накопления ксенобиотиков, так и с возможным проходом исследованных рыб через сильно загрязненные районы во время нагула. Более высокие, по сравнению с кетой и горбушей, концентрации ксенобиотиков выявлены у чавычи, а также нерки (наибольшие показатели), что связано с более высокой жирностью [48], а также большей продолжительностью жизни последних двух видов.

Тем же составом авторов были исследованы ХОП и ПХБ в камбале Охотского моря [42]. СОЗ были обнаружены во всех экземплярах рыб. Содержание ХОП и конгенов ПХБ в камбалах из южной части Охотского моря составило 0,72 и 0,8, из восточной – 0,11 и 0,18 нг/г сырой массы соответственно. ПДК для ПХБ – 2000 нг/г сырой массы.

Подобное исследование проведено Е.А. Мамонтовой с соавторами (2018) [16]. Сравнивались концентрации ДДТ и его метаболитов, изомеров ГХЦГ и ПХБ в органах жилой и анадромной форм нерки, во втором случае – дополнительно в молоках и икре. Во всех пробах содержание СОЗ не превышало российских нормативов. Стоит отметить, что в полученных данных не соблюдается зависимость распределения токсикантов по органам, как в работе О.Н. Лукьяновой с соавторами [40], концентрации ксенобиотиков в икре были выше, чем в молоках.

Таким образом, практически не отмечено случаев превышения нормативов по СОЗ для рыбы из дальневосточных морей России, и она может быть использована в пищевой промышленности. Однако органическим загрязняющим веществам следует уделять особое внимание, так как эти соединения, по решению Стокгольмской конвенции, могут использовать развивающиеся страны для борьбы с вредителями до тех пор, пока не будут найдены альтернативные средства защиты. За счет своей летучести эти СОЗ способны переноситься на большие расстояния, в том числе в холодные регионы планеты, осажаться и накапливаться в морских организмах.

(вероятно, в мышцах) варьировала от 0,002 до 0,003 мг/кг сырой массы. Таким образом, содержание хлорорганических соединений не превышает ПДК, принятых в России.

Биоаккумуляция ХОП в пробах (мышцы, печень, молоко, икра) из рыб 4 видов лососей: горбуши (*Oncorhynchus gorbusha*), кеты (*O. keta*), чавычи (*O. tshawytscha*) и нерки (*O. nerka*) – из Охотского и Берингова морей рассмотрена О.Н. Лукьяновой с соавторами [40]. Во всех исследованных образцах были обнаружены токсичные соединения. Сумма концентраций ХОП в мышцах горбуши (35,4 нг/г сырой массы), кеты (41,8), чавычи (103,8) и нерки (158,7 нг/г сырой массы), согласно СанПиН

Заключение

К настоящему моменту имеется большой объем данных о микроэлементном составе морских организмов из различных зон морей Дальнего Востока России, мониторинг содержания тяжелых металлов и мышьяка широко развит и регулярен. Исследования концентраций микроэлементов актуальны, учитывая наличие гидрохимических аномалий, локального загрязнения и активного судоходства в дальневосточных морях. В первую очередь необходим контроль бентосных организмов (рыб и ракообразных) и организмов с фильтрующим характером питания (двустворчатых моллюсков). Также, для более полного использования природных ресурсов Дальнего Востока, необходима оценка безопасности использования водорослей в различных отраслях промышленности.

Исследование концентраций хлороорганических соединений на Дальнем Востоке России находится только на начальном этапе. Из промысловых морских организмов на текущий момент хорошо исследованы лишь тихоокеанские лососи и камбалы. Однако при проведении мониторинговых исследований СОЗ обнаруживают во всех исследуемых образцах, что говорит о необходимости расширения подобных работ. В западной части России мониторинг ХОП и ПХБ проводится сравнительно регулярно, Дальний Восток все еще остается мало изученным. Расширение исследований стойких органических поллютантов позволит более полно оценить экологическое состояние региона и провести расчет экологических рисков для населения России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амирова З.К., Сперанская О.К. Новые стойкие органические супертоксикианты и их влияние на здоровье человека. М.: Москва, 2016. 169 с.
2. Васильев А.А., Чащин А.Н. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения. Пермь: Пермская ГСХА, 2011. 197 с.
3. Волотка Ф.Б., Богданов В.Д. Пищевая безопасность дальневосточной красноперки и кефали-лобана в заливе Петра Великого // Науч. тр. Дальневост. гос. техн. рыбохоз. ун-та. 2012. Т. 27. С. 110–115.
4. Вышкварцев Д.И., Лебедев Е.Б. Проект экономического развития реки Туманган (TREDA) – угроза экосистеме мелководных бухт залива Посьета Японского моря // Биология моря. 1997. Т. 23, № 1. С. 51–55.
5. Вязникова К.С., Ковековдова Л.Т. Содержание металлов и мышьяка в культивируемом приморском гребешке (*Mizuhopecten yessoensis*) и влияние марикультурного хозяйства в заливе Петра Великого на содержание тяжелых металлов в донных отложениях // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия: Рыбное хозяйство. 2016. № 3. С. 109–114.
6. Жадько Е.А., Стеблевская Н.И., Полякова Н.В. и др. Микроэлементы в тканях некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого // Науч. тр. Дальневост. гос. техн. рыбохоз. ун-та. 2013. Т. 30. С. 19–27.
7. Кобзарь А.Д., Христофорова Н.К. Мониторинг загрязнения прибрежных вод Амурского залива (Японское море) тяжелыми металлами с использованием бурой водоросли *Sargassum miyabei* Yendo, 1907 // Биология моря. 2015. Т. 41, № 5. С. 361–365.
8. Кобзарь А.Д., Христофорова Н.К. Оценка загрязнения вод залива Петра Великого тяжелыми металлами по их содержанию в бурых водорослях-макрофитах // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря: монография. Владивосток: Изд. дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. С. 362–381.
9. Ковековдова Л.Т., Христофорова Н.К. Микроэлементы в морских макрофитах Дальнего Востока России // Успехи наук о жизни. 2011. № 3. С. 41–60.
10. Ковековдова Л.Т., Кику Д.П., Касьяненко И.С. Мониторинг содержания металлов и мышьяка в промысловых рыбах и морской воде дальневосточных морей // Рыб. хоз-во. 2015. № 2. С. 18–24.
11. Ковековдова Л.Т., Кику Д.П., Касьяненко И.С., Власенко Р.В. Оценка уровней содержания металлов и мышьяка в двустворчатых моллюсках северо-западной части российской зоны Японского моря // Современные проблемы управления природными ресурсами и развитием социально-экономических систем: материалы XII междунар. науч. конф. М.: Моск. ун-т им. С.Ю. Витте, 2016. С. 116–123.
12. Ковековдова Л.Т., Кику Д.П. Оценка уровней содержания микроэлементов в морских промысловых объектах Дальневосточного бассейна // Экологические проблемы природопользования и охрана окружающей среды в Азиатско-Тихоокеанском регионе: среды жизни, их охрана и восстановление. Владивосток: Дальнаука: Изд-во ВГУЭС, 2016. С. 101–108.
13. Коженкова С.И., Христофорова Н.К. Биомониторинг содержания тяжелых металлов в морских прибрежных водах юго-западной части залива Петра Великого с использованием бурых водорослей // Экологическое

состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Т. 3. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 33–41.

14. Купина Н.М., Баштовой А.Н., Павелъ К.Г. Исследование химического состава, биологической ценности и безопасности мидия *Theragra chalcogramma* залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 310–319.

15. Лукьянова О.Н., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Христофорова Н.К. Тихоокеанские лососи рода *Oncorhynchus* как вектор переноса стойких загрязняющих веществ в океане // Вопр. ихтиологии. 2015. Т. 55, № 3. С. 351–355.

16. Мамонтова Е.А., Лепская Е.В., Тарасова Е.Н. и др. Хлорорганические пестициды и полихлорированные бифенилы в тканях жилой формы нерки Толмачевского водохранилища, п-ов Камчатка // Биология внутренних вод. 2018. № 2. С. 76–83.

17. Мощенко А.В., Ванин Н.С., Ламыркина А.Е. Рельеф дна, донных отложений и гидрологические условия российской части приустьевой зоны реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука, 2000. Т. 1. С. 42–75.

18. Наревич И.С., Ковалова Л.Т. Микроэлементы (As, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Se, Hg) в промысловых ракообразных Японского моря // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 189. С. 147–155.

19. Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Жадько Е.А. и др. Микроэлементный состав тканей некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого (бухта Северная) // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 5. С. 127–132.

20. Титлянов Э.А., Титлянова Т.В. Морские растения стран Азиатско-Тихоокеанского региона, их использование и культивирование. Владивосток: Дальнаука, 2012. 377 с.

21. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. 194 с.

22. Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. 366 с.

23. Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д. и др. Отражение биогеохимических условий морской среды на содержание микроэлементов в тихоокеанских лососях // Успехи наук о жизни. 2014. Т. 8, № 1. С. 91–100.

24. Христофорова Н.К., Кобзарь А.Д. Оценка экологического состояния залива Посыета (Японское море) по содержанию тяжелых металлов в бурых водорослях-макрофитах // Самар. науч. вестн. 2017. Т. 6, № 2. С. 91–95.

25. Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д. и др. Содержание микроэлементов в тихоокеанских и атлантических лососях // Океанология. 2015. Т. 55, № 5. С. 751–758.

26. Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д. и др. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в горбуше *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792 из прикурильских океанических вод во время анадромной миграции // Биология моря. 2015. Т. 41, № 6. С. 447–452.

27. Христофорова Н.К., Гамаюнова О.А., Афанасьев А.П. Состояние бухт Козьмина и Врангеля (залив Петра Великого, Японское море): динамика загрязнения тяжелыми металлами // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 179–186.

28. Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. и др. Гексахлорциклогексан и ДДТ в морских организмах Охотского и Берингова морей // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 176. С. 225–232.

29. Цыганков В.Ю., Лукьянова О.Н., Боярова М.Д. Стойкие органические загрязняющие вещества в морских птицах Охотского моря // Изв. ТИНРО. 2018. Т. 192. С. 136–144.

30. Шулькин В.М., Чернова Е.Н., Христофорова Н.К. и др. Влияние горнорудной деятельности на изменение химического состава компонентов водных экосистем // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2014. № 6. С. 483–494.

31. Шулькин В.М. Оценка загрязнения металлами вод реки Туманной и прилегающих морских вод // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука, 2000. Т. 1. С. 76–85.

32. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Т. 1. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. 481 с.

33. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Т. 2. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2011. 473 с.

34. Borak J., Hosgood H.D. Seafood arsenic: Implications for human risk assessment // Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2007. Vol. 47, N 2. P. 204–212.

35. Bruland K.W., Lohan M.C. Control of trace metals in seawater // Treatise on Geochemistry. Vol. 6 / ed. H. Elderfield. Elsevier, 2003. P. 23–47.

36. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Arsenic in Food: Arsenic in Food // EFSA Journal. 2009. Vol. 7, N 10. – <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2009.1351> (дата обращения: 23.05.2019).

37. Eto K. Minamata disease // Neuropathology. 2000. Vol. 20, iss. s1. P. 14–19.

38. Fung F., Wang H.-S., Menon S. Food safety in the 21st century // Biomed. J. 2018. Vol. 41, N 2. P. 88–95.

39. Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu., Lukyanova O.N. et al. High mercury bioaccumulation in Pacific salmon from the Sea of Okhotsk and the Bering Sea // Environmental Chemistry Letters. 2018. Vol. 16, N 2. P. 575–579.

40. Lukyanova O.N. et al. Bioaccumulation of HCHs and DDTs in organs of Pacific salmon (genus *Oncorhynchus*) from the Sea of Okhotsk and the Bering Sea // Chemosphere. 2016. Vol. 157. P. 174–180.

41. Lukyanova O.N., Belcheva N.N., Chelomin V.P. Cadmium bioaccumulation in the scallop *Mizuhopecten yessoensis* from an unpolluted environment // *Ecotoxicology of metals in invertebrates*. Boca Raton (Florida): Lewis Publ., 1993. P. 25–35.
42. Lukyanova O.N., Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the Bering flounder (*Hippoglossoides robustus*) from the Sea of Okhotsk // *Marine Pollution Bull.* 2018. Vol. 137. P. 152–156.
43. Mogol B.A., Gökmen V. Effect of chitosan on the formation of acrylamide and hydroxymethylfurfural in model, biscuit and crust systems // *Food Funct.* 2016. Vol. 7, N 8. P. 3431–3436.
44. Ojagh S.M., Hasani S. Characteristics and oxidative stability of fish oil nano-liposomes and its application in functional bread // *J. of Food Measurement and Characterization*. 2018. Vol. 12, N 2. P. 1084–1092.
45. Shimohata T. et al. Clinical aspects of the Niigata Minamata disease // *Brain Nerve*. 2015. Vol. 67, N 1. P. 31–38. In Jap.
46. Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Kiku P.F. et al. Hexachlorocyclohexane (HCH) in human blood in the south of the Russian Far East // *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22, N 18. P. 14379–14382.
47. Tsygankov V.Yu., Khristoforova N.K., Lukyanova O.N. et al. Selected Organochlorines in Human Blood and Urine in the South of the Russian Far East // *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2017. Vol. 99, N 4. P. 460–464.
48. Tsygankov V.Yu., Lukyanova O.N., Khristoforova N.K. The Sea of Okhotsk and the Bering Sea as the region of natural aquaculture: Organochlorine pesticides in Pacific salmon // *Marine Pollution Bulletin*. 2016. Vol. 113, N 1/2. P. 69–74.
49. Vijaykrishnaraj M., Roopa B.S., Prabhasankar P. Preparation of gluten free bread enriched with green mussel (*Perna canaliculus*) protein hydrolysates and characterization of peptides responsible for mussel flavour // *Food Chem.* 2016. Vol. 211. P. 715–725.

О.А. ГОЛУБИНА, Е.Н. ТВЕРЯКОВА, И.А. ПЕРЕДЕРИНА,
Г.А. ЖОЛОбОВА, И.А. ИВАНОВА, Д.А. МИХАЛЁВ,
Ю.Ю. МИРОШНИЧЕНКО, М.В. ЗЫКОВА

Фосфаты Ca, Al, Fe в торфах эвтрофного торфяного месторождения

Проведено исследование неорганических форм фосфатов в составе эвтрофной торфяно-болотной экосистемы Таган (Томская область). Для извлечения и определения отдельных неорганических форм фосфатов использован метод Чанга и Джексона, модифицированный для торфов.

Экспериментально установлено, что в торфяной залежи соединения фосфора присутствуют главным образом в виде фосфатов Ca, Al, Fe, полиядерных, смешанных органико-неорганических комплексных соединений и в коллоидном состоянии. Наибольшее содержание фосфатов регистрируется в верхнем метровом слое торфяной залежи. Преобладание фосфатов алюминия и железа среди неорганических форм фосфатов может быть обусловлено окислительными условиями в 20-сантиметровом слое залежи. Концентрация фосфатов кальция минимальна.

Ключевые слова: фосфор, фосфорная кислота, фосфаты, торфяная залежь, эвтрофное болото, торф, тяжелые металлы, s-, p-, d-металлы.

Phosphates Ca, Al, Fe in peat of eutrophic peat deposit. O.A. GOLUBINA^{1,3}, E.N. TVERYAKOVA¹, I.A. PEREDERINA¹, G.A. ZHOLOBOVA¹, I.A. IVANOVA¹, D.A. MIHALYOV¹, YU.YU. MIROSHNICHENKO^{1,2}, M.V. ZYKOVA¹ (¹Siberian State Medical University, Tomsk; ²National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk; ³Tomsk State Pedagogical University, Tomsk).

The study of inorganic forms of phosphates in the composition of the Tagan eutrophic peat - marsh ecosystem (Tomsk Region) has been carried out. The general group composition of inorganic forms of phosphates in peats has been monitored. To evaluate the amount of individual inorganic forms of phosphates, the technique of Chang and Jackson was modified specifically for peat soils. We have experimentally found that phosphorus compounds are represented in the peat deposit mainly in the form of phosphates of Ca, Al, Fe, polynuclear, organic-inorganic complex compounds and in a colloidal state. The largest phosphate concentration has been registered in the upper layer of the peat deposit, on the depth less than a meter. The predominance of aluminum and iron phosphates among inorganic forms of phosphates may be explained due to the oxidizing conditions observed in the depth of 20 centimeter layer of the deposit. The concentration of calcium phosphate is low.

Key words: phosphorus, phosphoric acid, phosphates, peat deposit, eutrophic swamp, peat, heavy metals, s-, p-, d-metals.

*ГОЛУБИНА Ольга Александровна – кандидат химических наук, доцент (Сибирский государственный университет, Томский государственный педагогический университет, Томск); ТВЕРЯКОВА Елена Никитична – кандидат химических наук, доцент, ПЕРЕДЕРИНА Ирина Александровна – кандидат химических наук, доцент, ЖОЛОбОВА Галина Александровна – кандидат химических наук, доцент, ИВАНОВА Ирина Андреевна – студентка, МИХАЛЁВ Дмитрий Александрович – студент (Сибирский государственный медицинский университет, Томск); МИРОШНИЧЕНКО Юлия Юрьевна – кандидат химических наук, доцент (Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск; Сибирский государственный медицинский университет, Томск); ЗЫКОВА Мария Владимировна – кандидат фармацевтических наук, заведующая кафедрой (Сибирский государственный медицинский университет, Томск).

*E-mail: mtgolubin@yandex.ru

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-43-700014 p_a.

Введение

Западно-Сибирская равнина – крупнейший торфяной регион мира, здесь сосредоточено около 39 % мировых запасов торфа. Залежи торфа в Томской области достигают примерно 18,1 % от запасов в России. Большая часть торфяных ресурсов Томской области не используется, так как химический состав торфов региона недостаточно изучен [9]. Известно, что в торфах содержится много органических и минеральных веществ. На кафедре химии Сибирского государственного медицинского университета уже не одно десятилетие ведутся исследования гуминовых веществ торфов и разрабатываются лекарственные препараты на их основе [6, 7].

Одним из обязательных показателей качества лекарственного растительного сырья, согласно Государственной фармакопее РФ XIV (ОФС.1.5.1.0001.15), является соответствие сырья (в данном случае торфа) таким показателям, как содержание тяжелых металлов и радионуклидов, органических и минеральных примесей.

Фосфор является важным биогенным элементом в низинных торфах. Часто встречаются торфяные залежи с повышенным содержанием фосфатов, которые называют торфовивианитами. На территории Западной Сибири находится более 50 торфовивианитовых месторождений, в которых запасы торфов составляют свыше 100 тыс. м³. Многие ученые занимались исследованием болотных фосфатов [2, 5, 11], в частности для того, чтобы выяснить взаимосвязь фосфатов с металлами.

Известно, что фосфат-анионы вступают в химическую связь с атомами металлов торфяных соединений. Возможность образования растворимых соединений фосфора связана с наличием в кислых почвах соединений алюминия и железа, к которым фосфат-анионы имеют высокое химическое сродство [10]. Поэтому углубленное изучение химических процессов в торфяных почвах, происходящих с участием фосфатов и ионов металлов, актуально.

Современные представления о фосфатном режиме торфов основаны на том, что растения поглощают фосфор в основном в форме ортофосфатов, содержащихся непосредственно в торфяном растворе. Переход фосфатов в растворенное состояние из твердой фазы торфа – динамичный процесс, зависящий от ряда внешних и внутренних факторов: запаса всех форм природных фосфатов в соединениях разной степени устойчивости, емкости поглощения торфов в отношении фосфат-ионов, условий, влияющих на процесс трансформации фосфатов (химический состав торфа, температура, влажность, степень кислотности, катионный состав и т.д.), деятельности корневой системы растений.

Большое количество факторов влияния является причиной появления значительного числа методов определения и принципов интерпретации полученных результатов для характеристики фосфатного режима торфов, т.е их способности снабжать растения соединениями фосфора.

Для характеристики фосфатного режима торфов определяют содержание общего фосфора, неорганических фосфатов и другие показатели. Степень доступности подвижных фосфатов для растений зависит от химических, физико-химических, физических свойств торфа, сезонной динамики его водного, воздушного и теплового режимов, биологической активности торфа, биологических особенностей торфяной растительности.

Содержание водорастворимых фосфатов в торфе незначительно (2-3 мг на 1 кг торфа), так как они быстро потребляются растениями и микроорганизмами. В связи с этим доступной считается часть торфяных фосфатов, которая переходит в слабокислую вытяжку. Предполагают, что слабые кислоты, используемые для вытяжки, по силе воздействия на подвижный торфяной комплекс соответствуют органическим кислотам корневой системы растений.

Цель исследования:

1. Изучение неорганических форм фосфатов в составе эвтрофной торфяно-болотной экосистемы Таган.

2. Изучение влияния неорганических форм фосфатов на подвижность металлов s-, p- и d-семейств – кальция, алюминия, железа.

Объекты и методы

Исследования проводились на крупном торфяном месторождении, расположенном в 20 км на северо-запад от г. Томск [4]. Общая площадь месторождения 4674 га со средней глубиной 3,41 м. Запас торфа составляет 23 053 тыс. т при 40 % влажности. Образцы торфов отбирали на естественном участке торфяного месторождения в июле 2018 г. Отбор проб производили послойно через 25 см до минерального грунта. Исследование ботанического состава, степени разложения, кислотности, суммы поглощенных оснований проводили по общепринятым методикам^{1,2,3}. Содержание подвижных соединений ионов железа и фосфора определяли в 0,2 н солянокислой вытяжке по ГОСТу 27894.5.88^{4,5}, групповой состав неорганических фосфатов – по методу Чанга и Джексона, разработанному специально для торфяных почв [13]. Данный метод, основанный на последовательной обработке навески различными растворителями, каждый из которых извлекает определенные фракции неорганических фосфатов почвы (коллоидные фосфаты, Al-P, Fe-P, Ca-P и др.), более всего подходит для низинного торфа древесного происхождения (рис. 1).



Рис. 1. Предполагаемые формы фосфора в различных фракциях

¹ ГОСТ 11623-89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. М., 1989. 5 с.

² ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. М., 1989. 9 с.

³ ГОСТ 26801-86. Торф. Метод определения зольности в залежи. М., 1986. 4 с.

⁴ ГОСТ 27894.5.88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм фосфора. М., 1988. 8 с.

⁵ ГОСТ 27894.7.88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм железа. М., 1988. 7 с.

Обсуждение результатов

Изучаемые ионизированные металлы в торфе относятся к s-, p- и d-семействам, поэтому механизмы их химического взаимодействия с веществами торфа различны.

Органические лиганды, присутствующие в торфе, играют большую роль в распределении металлов разных семейств. Р- и d-металлы образуют комплексы не только с фосфорсодержащими анионами, но и с карбоксильными и фенольными функциональными группами органических веществ торфов [20]. Таким образом, комплексообразование снижает активную концентрацию ионов Al и Fe и, во многих случаях, биодоступность железа [8]. В торфяном растворе изучаемые ионы металлов могут находиться в виде комплексных соединений. Но при этом может происходить осаждение металлов, которое зависит от распределения частиц по размерам, pH, температуры и присутствия комплексообразователей. Например, в анаэробных условиях осаждение металлов может происходить с образованием фосфидов, а в аэробных металлы могут образовывать нерастворимые фосфаты. Ремобилизация металла из фосфида может происходить в результате микробиологических процессов [18, 19].

Одним из механизмов, контролирующих распределение ионов Ca, Al и Fe между торфом и торфяным раствором, является сорбция, которая включает адсорбцию, абсорбцию, хемосорбцию, ионообменные взаимодействия на поверхности раздела фаз. Торфа представляют собой гетерогенные смеси различных органических и органико-неорганических субстанций, оксидов и гидроксидов Fe, Al, Ca. Поэтому механизмы связывания металлов в торфах многообразны и меняются в зависимости от состава торфа, его окислительно-восстановительного потенциала. Таким образом, металлы могут образовывать различные соединения в зависимости от того, с каким компонентом торфа они связаны и каковы площади поверхности взаимодействующих фаз.

В верховых торфах, имеющих кислую реакцию среды, в качестве природных сорбентов могут выступать оксиды, гидроксиды Ca, Al, Fe и их смешанные органико-неорганические комплексные производные. Первичные торфяные сорбенты могут представлять собой аква-(гидроксо-)комплексы Al и Fe, образованные по классическому донорно-акцепторному механизму.

Торфа изучаемого месторождения можно отнести к средnezольным: среднее значение зольности (А) составляет 17,44 % ($A_{\max} = 9,74$ %, $A_{\min} = 30,5$ %) (см. таблицу). Причем зольность торфов по профилю данного участка изменяется неравномерно. Ее колебания зависят от ботанического состава и степени разложения торфов. Максимальные значения данного показателя – 29,53 и 30,25 % – отмечаются на глубинах 75–100 и 200–225 см соответственно, что может быть связано с привнесом минеральной составляющей с весенними водами или лесными пожарами в процессе формирования торфяника. Торфа являются хорошо разложившимися: степень разложения составляет от 35 до 53 %. По значению pH изучаемые торфа считаются слабокислыми – среднее значение показателя pH = 6,5. Сверху вниз по профилю значение pH практически не изменяется.

Исследуемая торфяная залежь характеризуется повышенным содержанием железа и фосфора. Содержание общего фосфора варьирует от 0,93 до 2,63 %, содержание подвижных соединений P на разных глубинах – от 47 до 506 мг/100 г с.т. Количество общего железа варьирует от 78,59 до 311,16 мг/100 г с.т.

Результаты наших исследований показали, что содержание неорганических форм фосфатов на различных глубинах торфяной залежи не одинаково. Это обусловлено генезисом торфа, его составом, содержанием органического вещества, интенсивностью химических процессов и др. Из всех форм неорганических фосфатов наиболее значимой является фракция фосфатов алюминия – она составляет в среднем по профилю 50,9 % всех фосфатов.

Высокое содержание фосфатов алюминия может быть связано с тем, что при $pH \approx 6$ растворимость гидроксидов алюминия, а следовательно, и подвижность снижаются

Характеристика торфов месторождения Гаган

Глубина, см	Вид торфа	А, %	R, %	рН	Р _{общ.} , %	Содержание, мг/100 г с.т.		S, мг-экв./100 г с.т.	Минеральные формы фосфатов, мг/100 г с.т.			
						Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅		P _{раств.}	P-Al	P-Fe	P-Ca
0-25	Ваховый	9,74	35	6,65	2,25	229,68 ± 1,12	537,23 ± 2,18	90,48	28,78 ± 0,49	1263,64 ± 9,72	1317,27 ± 21,36	488,20 ± 5,02
25-50	Ваховый	15,07	35	6,57	2,63	254,51 ± 5,17	294,58 ± 2,13	72,18	22,85 ± 1,43	581,01 ± 7,52	300,03 ± 3,78	17,61 ± 0,95
50-75	Ваховый	11,85	40	6,58	2,34	194,26 ± 2,33	215,02 ± 1,33	63,51	26,09 ± 0,49	1083,36 ± 4,92	344,70 ± 0,97	30,03 ± 0,49
75-100	Ваховый	29,53	45	6,52	1,35	221,23 ± 3,14	138,92 ± 1,86	48,74	28,48 ± 0,58	1128,97 ± 5,28	342,91 ± 2,18	15,29 ± 0,53
100-125	Древесно-вахтовый	10,82	40	6,48	1,47	311,16 ± 1,12	118,71 ± 2,18	56,67	1,88 ± 0,47	54,71 ± 1,88	49,05 ± 0,94	46,50 ± 1,96
125-150	Ваховый	14,32	40	6,57	1,35	232,28 ± 2,23	133,41 ± 0,93	33,90	3,30 ± 0,47	43,91 ± 1,42	44,38 ± 0,47	16,52 ± 0,94
150-175	Древесно-травяной	15,29	40	6,58	1,08	200,99 ± 4,16	93,68 ± 1,13	48,86	4,98 ± 0,99	74,57 ± 0,79	71,21 ± 1,95	13,94 ± 0,67
175-200	Травяной	13,20	40	6,67	1,38	78,59 ± 0,98	62,34 ± 0,53	57,07	7,87 ± 0,85	121,59 ± 0,97	66,47 ± 1,47	16,95 ± 0,97
200-225	Травяной	30,25	40	6,65	1,83	90,61 ± 1,14	55,98 ± 1,28	59,14	8,83 ± 0,47	106,94 ± 2,66	64,75 ± 1,75	71,13 ± 1,01
225-250	Травяной	13,58	40	6,62	0,93	147,27 ± 2,36	52,67 ± 1,21	50,79	6,52 ± 0,50	50,69 ± 0,50	41,16 ± 1,00	26,10 ± 1,00
250-275	Осоковый	18,78	55	6,64	0,98	146,60 ± 1,09	41,11 ± 0,96	54,77	6,50 ± 0,18	72,70 ± 2,99	43,14 ± 0,59	17,47 ± 1,76
275-300	Древесный	26,96	50	6,70	1,06	132,13 ± 2,15	43,50 ± 2,12	60,57	6,12 ± 0,01	48,00 ± 1,57	42,89 ± 0,01	7,83 ± 0,18

Примечание. А – зольность, R – степень разложения, S – сумма поглощенных оснований, рН – кислотность солевой вытяжки.

в результате осаждения или адсорбции [14, 16, 17]. Возможно, повышенное содержание ионов Al^{3+} способствует повышению кислотности. Считается, что именно ионы Al^{3+} конкурируют с ионами H^+ и являются основными носителями обменной почвенной кислотности [1]. Одним из важных показателей кислотности является сумма поглощенных оснований (S), включающая в себя сумму обменно-поглощенных катионов Ca, Mg, K, Na, Al и др. Как показывают результаты наших исследований, в исследуемых торфах сумма поглощенных оснований имеет прямую корреляционную зависимость от содержания фосфатов Al, Fe, Ca ($r = 0,63$). Это свидетельствует о том, что в верхней части профиля преобладают основные формы данных элементов (см. таблицу).

Возможной причиной повышенного содержания алюминия может быть высокая концентрация органических веществ в торфе. В работах [10, 12] показано, что соединения Al накапливаются в верхнем аккумулятивном горизонте, богатом органическими лигандами, в виде прочных алюмо-кремний-органических комплексов. В серии работ [10, 11, 15] показана возможность образования растворимых, способных к миграции соединений фосфора с алюминием и железом. Фосфат-ионы испытывают высокое химическое сродство к данным элементам.

Содержание алюминия изменяется также в зависимости от ботанического состава торфа. Al-связанные фосфаты составляют от 48,00 до 1263,64 г/100 г с.т. Их концентрация максимальна в верхней метровой части торфяного профиля, сложенного вахтовым торфом. На глубине 100–125 см ботанический состав торфа меняется с вахового на древесно-вахтовый, и содержание фосфатов Al резко снижается – с 1128,97 до 54,71 г/100 г с.т. До основания торфяного профиля содержание фосфатов Al находится в пределах 43,91–72,70 г/100 г с.т. Только на глубине 175–225 см в травяном торфе, на 40 % сложенном вахтой, зафиксировано увеличение концентрации P–Al до 121,59 г/100 г с.т.

По опубликованным данным [5, 10], в фиксации фосфора главная роль принадлежит не оксидам, а свежесаженым формам гидроксидов железа, образующимся в летние месяцы в зоне аэрации при переходе Fe^{2+} в Fe^{3+} . Свежесаженный $Fe(OH)_3$ отличается большей активностью к сорбции фосфат-ионов. Видимо, по этой причине в данном торфяном профиле максимальное количество фосфора содержится в верхней части профиля [5], где преобладают окисленные формы железа [3, 4].

Фосфаты железа составляют 33,2 % всех фосфатов. В максимальном количестве данная фракция фосфатов содержится в самом верхнем 25-сантиметровом слое – 1317,27 мг/100 г с.т. На глубине 25 см содержание фосфатов Fe снижается в 4,5 раза – до 300,03 г/100 г с.т. и находится в диапазоне 300–344 г/100 г с.т. до метровой глубины. На глубине 125 см наблюдается второе снижение концентрации фосфатов железа – с 342,91 до 49,05 г/100 г с.т. с последующим плавным снижением до 42,89 г/100 г с.т. к основанию залежи. Данное распределение фосфатов может быть обусловлено разными окислительно-восстановительными условиями в торфяной залежи. На исследуемом участке наблюдаются окислительные условия до глубины 20 см, редокс-амфотерные – в слое 20–40 см. Ниже 40 см происходит резкая смена условий на восстановительные. Резко восстановительные условия (φ до -500 мВ) отмечаются уже с глубины 60 см. Как видно из рис. 2 и таблицы, интенсивное накопление фосфатов происходит в редокс-амфотерных условиях в виде железо- и алюминий-фосфатов.

То, что соединения железа могут быть представлены нерастворимыми фосфатами, подтверждается зависимостью между содержанием соединений Fe (II), Fe(III) и содержанием подвижных соединений фосфора ($r = 0,8$, $r = 0,9$ соответственно).

Известно [5], что ассоциация железа с фосфором – характерная черта болотного процесса в таежной зоне. В верхнем слое торфов отчетливо выражена биогенная аккумуляция связанных в дисперсные системы фосфатов, а также фосфатов железа и алюминия. Фосфаты кальция находятся в минимуме и сосредоточены в основном в растениях-торфообразователях; содержание их в профиле ничтожно мало (12,7 %). Наименьшую долю всех фосфатов составляют дисперсные фосфаты кальция (3,2 %).

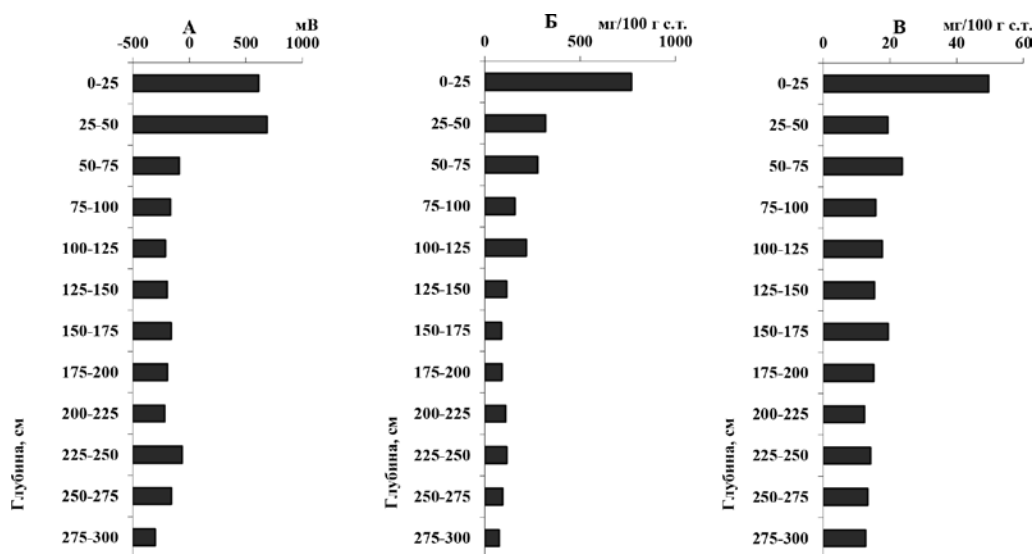


Рис. 2. Распределение значений окислительно-восстановительного потенциала (мВ) (А), подвижных соединений P_2O_5 (Б), $Fe_{общ}$ (В) в залежи

Фосфаты кальция также сконцентрированы на поверхности (488,20 мг на 100 г с.т.), далее идет резкое уменьшение их концентрации (до 17,61 мг/100 г с.т.). С глубиной содержание фосфатов кальция снижается и в нижнем горизонте составляет 7,83 мг/100 г с.т. Это может быть связано с тем, что в торфах слабокислая среда, pH в среднем составляет 6,5. А фосфаты кальция легче сохраняются в подвижной форме в слоях торфа, характеризующихся слабокислой реакцией. С глубиной значение pH увеличивается почти до нейтрального, следовательно, уменьшается содержание фосфатов кальция.

Наименьшую часть представляет фракция водорастворимых фосфатов (28,78 мг/100 г с.т.), представленных соединениями натрия и калия. Данная фракция сосредоточена на глубине до 100 см (примерно 22–28 мг на 100 г), далее ее концентрация резко уменьшается до 1,88 мг/100 г с.т. Известно, что обеспеченность калием и натрием торфов месторождения Таган очень низкая, их содержание составляет 0–10 мг/100 г с.т. [3, 4, 8]. Эти металлы в ионной форме отличаются высокой подвижностью и не образуют малорастворимых соединений с органическим веществом. Их соли, в том числе фосфаты, не усвоенные растениями, вымываются грунтовыми водами [5]. Это связано с тем, что с глубиной вид торфа меняется. Если на поверхности торф вахтовый, с высоким содержанием фосфора, то глубже залегает древесно-вахтовый, травяной и осоковый торф, характеризующийся меньшим содержанием соединений фосфора в дисперсном состоянии. Таким образом, каждый вид торфа в связи с его генезисом, составом, внешними условиями и растительным покровом отличается от других содержанием органического вещества, интенсивностью физико-химических процессов. Такое распределение обусловлено обогащенностью верхних горизонтов корневыми и пожнивными остатками, микроорганизмами.

Выводы

1. Для изучения минерального состава низинной торфяной почвы древесного происхождения оптимален модифицированный метод Чанга–Джексона, характеризующийся продолжительной экстракцией, в результате чего достигается наиболее полное извлечение отдельных неорганических форм фосфора.

2. В торфяном месторождении Таган фосфор находится в виде фосфатов кальция, алюминия, железа и в составе дисперсных систем. Наибольшее количество из всех минеральных форм составляют фосфаты железа, основная масса которых содержится почти на поверхности (на глубине до 25 см), их концентрация составляет 1317,27 мг/100 г с.т. Концентрация фосфатов алюминия меньше – 1263,64 мг/100 г с.т., дисперсных фосфатов – 28,78 мг/100 г с.т. Содержание всех форм фосфатов с глубиной уменьшается.

Таким образом, при организации торфяных производств необходим комплексный подход к природным ресурсам, при котором направление использования торфяных месторождений должно определяться химическим составом сырья. Применение разного по химическому составу торфа эффективно в комплексных схемах переработки природного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И., Корчунов С.С., Петрович В.М. Технический анализ торфа. М.: Недра, 1992. 358 с.
2. Гамзиков Г.П., Мармулев А.Н. Агрохимическая оценка болотных фосфатов Западной Сибири // Почвоведение. 2007. № 9. С. 1104–1111.
3. Голубина О.А., Тверякова Е.Н., Передерина И.А., Жолобова Г.А., Борисов П.Б., Иванова И.А., Зыкова М.В. Закономерности распределения подвижных соединений Fe^{2+} и Fe^{3+} в торфяной залежи эвтрофного болота // Экологическая химия. 2019. № 2. С. 69–78.
4. Голубина О.А. Химическая характеристика углеводородного сырья месторождения «Таган» // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: Химия, биология, фармация. 2015. № 3. С. 11–18.
5. Ефимов В.Н. Торфяные почвы. М.: Россельхозиздат, 1980. 120 с.
6. Зыкова М.В., Логвинова Л.А., Кривошеков С.В., Воронова О.А., Ласукова Т.В., Братишко К.А., Жолобова Г.А., Голубина О.А., Передерина И.А., Дрыгунова Л.А., Тверякова Е.Н., Белоусов М.В. Антиоксидантная активность высокомолекулярных соединений гуминовой природы // Химия растительного сырья. 2018. № 3. С. 239–250.
7. Зыкова М.В., Белоусов М.В., Гурьев А.М., Ахмеджанов Р.Р., Юсубов М.С. Стандартизация гуминовых кислот низинного древесно-травяного вида торфа Томской области // Хим.-фарм. журн. 2013. Т. 47, № 12. С. 53–56.
8. Инишева Л.И., Виноградов В.Ю., Голубина О.А., Ларина Г.В., Порохина Е.В., Шинкеева Н.А., Шурова М.В. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета. Томск: Изд-во ТГПУ, 2010. 118 с.
9. Инишева Л.И., Ковалев Н.Г., Константинов В.К., Лисс О.Л., Малик Л.К., Маслов Б.С., Маслов С.Г., Мукина Л.Р., Осленикова Л.А., Панов В.В., Поздняков А.И., Шаманав В.А. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России. Томск: Изд-во ЦНТИ, 2005. 76 с.
10. Кудеярлова А.Ю., Алексеева Т.В. Трансформация соединений Al и Fe при зафосфачивании кислых почв как фактор, определяющий миграцию фосфора // Агрохимия. 2012. № 2. С. 25–36.
11. Кудеярлова А.Ю. Фосфатогенная трансформация почв. М.: Наука, 1995. 288 с.
12. Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Тула: Гриф и К, 2012. 124 с.
13. Суербаев Х.А., Фомина С.Ф., Гинзбург К.Е. Методика определения минеральных форм фосфатов в торфяных почвах // Агрохимия. 1978. № 6. С. 120–127.
14. Driscoll C., Van Breemen N., Mulder J. Aluminum chemistry in a forested spodosol // Soil Sci. Am. J. 1985. Vol. 49. P. 437–444.
15. Kudeyarova A., Bashkin V. Study of landscape agrogeochemical balance of nutrients in agricultural regions: Part I. Phosphorus // Water Air Soil Pollut. 1984. Vol. 21. P. 87–95.
16. Lundstrom U., Van Breemen N., Bain D. et al. Advances in understanding the podzolization process resulting from a multidisciplinary study of three coniferous forest soils in the Nordic Countries // Geoderma. 2000. Vol. 94. P. 335–353.
17. Mossin L., Mortensen M., Normberg P. Imogolite related to podzolization processes in Danish podzols // Geoderma. 2002. Vol. 109. P. 103–116.
18. Ramamoorthy S., Blumhagen K. Uptake of Zn, Cd and Hg by fish in the presence of competing compartments // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1984. Vol. 41. P. 750–756.
19. Ros J., Slooff W. Integrated criteria document cadmium / National Institute of Public Health and Environmental Protection. Bilthoven, 1988.
20. Schmitt H., Sticher H. Heavy metal compounds in the soil // Int. Metals and Their Compounds in the Environment // Occurrence, Analysis and Biological Relevance. N.Y.: VCH, 1991. P. 311–331.

В.Д. ХУДИК, В.Т. СЪЕДИН, И.Б. ЦОЙ

Новые данные о возрасте хойнджинской свиты Западного Сахалина и их значение для обоснования положения границы между палеогеном и неогеном на юге Дальнего Востока России

Изучены остатки фауны двустворчатых моллюсков из хойнджинской свиты мыса Хойнджо, развитой на Западном Сахалине. Реконструированы условия их существования. Путем сравнения с малакофаунами территорий Северо-Западной Пацифики установлен их позднеолигоцен-раннемиоценовый возраст. Высказывается мнение о принадлежности слоев с фауной хойнджинской свиты Западного Сахалина и слоев с остатками растений района бухты Сизиман континентальной части юга Дальнего Востока к очень близкому стратиграфическому уровню позднего этапа олигоценовой – раннего этапа миоценовой эпох. Полученные сведения позволяют существенно дополнить и уточнить прежние представления о положении границы между палеогеном и неогеном на юге Дальнего Востока России.

Ключевые слова: двустворчатые моллюски, ископаемая флора, олигоцен, миоцен, Западный Сахалин, Сизиман, Сихотэ-Алинь.

The recently obtained data on the age of Hoindzhinskaya suite from Western Sakhalin and its significance for justification of the Paleogene–Neogene boundary for the South of the Russian Far East. V.D. KHUDIK (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok), V.T. S'EDIN, I.B. TSOY (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

The remains of bivalve mollusks from the Hoindzhinskaya suite of Hoindzho Cape, developed in Western Sakhalin, have been studied. Their living conditions have been reconstructed. Their Late Oligocene – Early Miocene age has been established by means of their comparison with malacofaunae of the Northwest Pacific. The proposed suggestion is that the fauna-bearing layers of the Hoindzhinskaya suite from the western Sakhalin and the flora-abundant layers of the mainland near Siziman Bay in the Southern Far East belong to the very close stratigraphic level of the Late Oligocene – Early Miocene. The data obtained allows broadening and clarifying the previous views on the Paleogene–Neogene boundary position for the Southern Far East Russia.

Key words: bivalve mollusks, fossil flora, Oligocene, Miocene, Western Sakhalin, Siziman, Sikhote-Alin.

На юге Дальнего Востока отложения олигоцен-раннемиоценового возраста островной части региона сложены главным образом морскими фациями, в то время как материковой части – преимущественно континентальными. На Западном Сахалине вдоль

*ХУДИК Владимир Дмитриевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток), СЪЕДИН Владимир Тимофеевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ЦОЙ Ирина Борисовна – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: khudikv@mail.ru

побережья Татарского пролива в районе мыса Хойнджо (рис. 1) в береговых обнажениях можно наблюдать последовательность горных пород в возрастном диапазоне от позднего мела до позднего миоцена включительно. Это обстоятельство привлекает к данному разрезу неослабевающее внимание палеонтологов и биостратиграфов в течение более чем 100 лет, а в последние годы, учитывая стратиграфическую полноту и палеонтологическую охарактеризованность, позволяет рассматривать этот разрез в качестве опорного для палеогеновых и неогеновых отложений Александровского района Западного Сахалина [12].

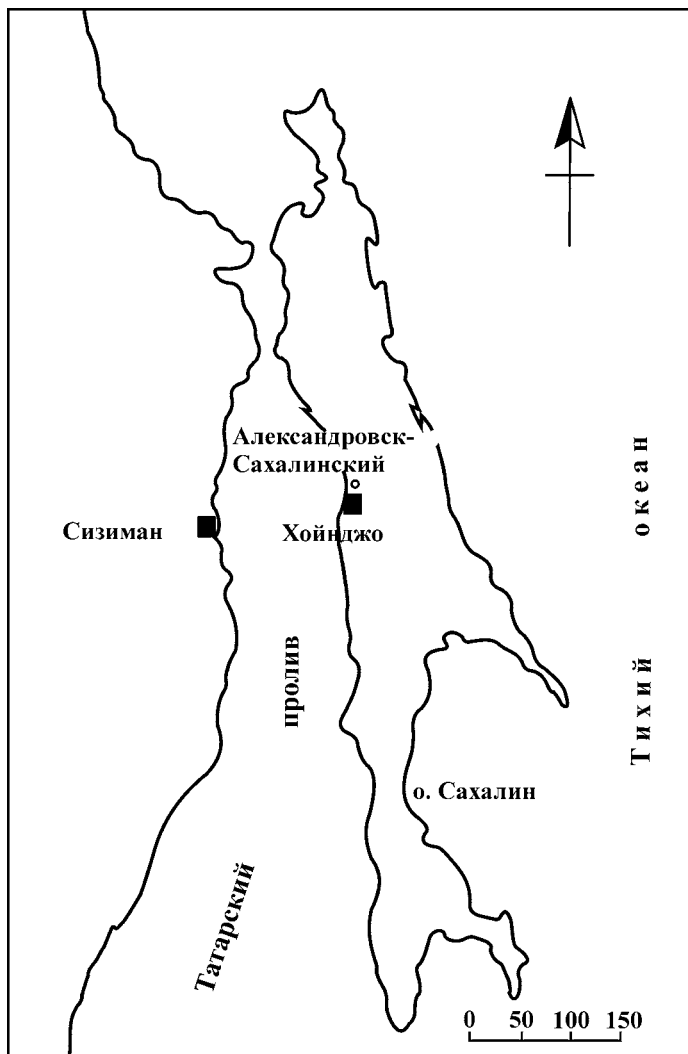


Рис. 1. Район исследований

Изучение слагающих его отложений и характеризующих их биот связано с именами таких выдающихся исследователей, как А.Н. Криштофович, П.И. Полевой, И.П. Хоменко, Н.Я. Коган, Ф.Г. Лаутеншлегер, В.С. Слодкевич, А.А. Симонова. В более поздний период исследования продолжили А.А. Капица, И.И. Ратновский, М.А. Ахметьев, А.Г. Аблаев, Б.А. Сальников, Б.М. Штемпель, Л.С. Жидкова, Л.И. Фотьянова, М.Я. Серова, В.А. Красилов, Ю.Б. Гладенков и многие другие. В результате получен огромный фактический материал по стратиграфии толщ, фауне и флоре, однако с учетом последних научных сведений некоторые прежние представления определенно нуждаются в переосмыслении и

уточнении. Среди них – вопрос о границе между палеогеном и неогеном в хойнджинском разрезе. Несмотря на существующие построения [12, 16, 17], положение границы здесь остается недостаточно понятным и обоснованным. Вместе с тем эти сведения крайне важны, поскольку могли бы указать в хойнджинском разрезе важнейший стратиграфический репер для сопоставления олигоцен-миоценовых толщ районов Дальнего Востока и всего бассейна Северной Пацифики.

В районе мыса Хойнджо верхняя часть разреза представлена отложениями хойнджинской свиты – туфами, туфобрекчиями, ожелезненными грубозернистыми песчаниками и алевролитами мощностью более 1000 м, которые считаются стратотипическими. Некоторые исследователи [8] подразделяют свиту на две части: нижнюю (до 1000 м) и верхнюю (до 300 м). В нижней части наблюдается чередование зеленовато-серых туфов (часто перелотложенных, в основном андезитового и дацитового состава), туффигов, лаво- и туфобрекчий, туфоконгломератов. Отмечаются отдельные лавовые потоки преимущественно андезитов, прослои темно-серых аргиллитов, алевролитов и углей. Верхняя часть свиты сложена серыми и темно-серыми туфогенными аргиллитами с прослоями серых и зеленовато-серых, чаще всего перелотложенных туфов (до 2–4 м) и туффигов с линзами и прослоями вулканических или полимиктовых гравелитов и песчаников. Присутствуют маломощные линзы углей. Встречаются тонкие прослои измененных стекловатых туфов, местами лаво- и туфобрекчий, а также потоки лав базальтов и андезитобазальтов.

Если олигоценый возраст подстилающей геннойшинской и ранне-среднемиоценовой перекрывающей верхнедуйской свит не вызывает особых возражений, то в отношении возраста хойнджинской свиты мнения исследователей расходятся. В разное время она датировалась олигоценом [12, 17], олигоценом – ранним миоценом [8, 15], ранним–средним миоценом [9]. Сложность решения этого вопроса во многом объясняется слабой палеонтологической изученностью свиты. К тому же встреченная здесь фауна моллюсков (двустворчатых и брюхоногих) достаточно редкая и часто имеет неудовлетворительную сохранность.

Нами детально изучен разрез хойнджинской свиты вдоль морского побережья у мыса Хойнджо (рис. 2), проведен тщательный поиск остатков ископаемых организмов. В 200 м севернее мыса особый интерес вызывает толща песчаников, алевролитов и аргиллитов (26,2 м), в верхней части которой в свое время А.Н. Криштофович обнаружил остатки растений (слой 10 на рис. 3). Следует заметить, что положение этого флороносного слоя до сих пор вызывает острые дискуссии. По одним данным [3, 17], слой с остатками растений принадлежит к верхней части хойнджинской свиты, согласно другим [12], пачка темно-серых

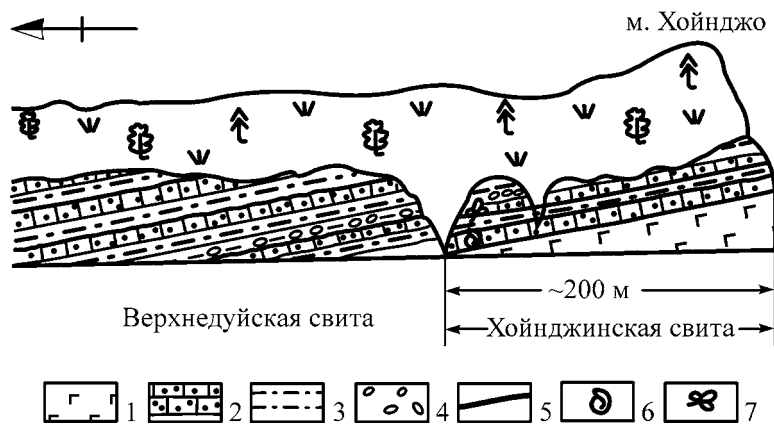


Рис. 2. Схематический разрез отложений верхней части хойнджинской свиты в районе мыса Хойнджо. 1 – андезитобазальты; 2 – песчаники; 3 – алевролиты; 4 – конгломераты; 5 – угли; 6 – фауна; 7 – флора

алевролитов и аргиллитов (слой 10) тесно связана с вышележащими слоями верхнедудуйской свиты, составляя ее первую циклотему. Нами впервые обнаружены остатки двустворчатых и брюхоногих моллюсков (слой 9 на рис. 3), среди них установлены двустворки *Nuculana* sp., *Yoldia gretschischkini* L. Krisht., *Y. chojenensis* Simonova, *Portlandia cerrusata* (Slod.), *Malletia* cf. *epikorniana* L. Krisht., *M.* sp., *Lima sakhalinensis* Slod., *Mytilus* cf. *podkagernensis* Slod. et al., *Modiolus gradulatus* Slod., *Lucinoma acutilineata* (Conrad), *Thyasira* ex gr. *bisecta* (Conrad), *Ciliatocardium evseevi* Kafanov et Savizky, *Callista* cf. *pittsburgensis* Dall, *Liocyma* cf. *furtiva* (Yok.), *Felaniella* cf. *usta* (Gould), *Tellina* cf. *piercei* (Arnold), *Macoma* ex gr. *middendorffi* Dall, *M. nipponica* (Tokunaga), *M.* cf. *simizuensis* L. Krisht.

Обилие в составе ценоза люцином (до 15 экз. на 1 м²) наряду с прибрежными тепловодными *Macoma nipponica* (5–8 экз. на 1 м²) предполагает относительно мелководные и тепловодные условия обитания данной ассоциации фауны. На это же указывает присутствие в ценозах остатков морской травы *Zostera* – обычного элемента фитобентоса мягких грунтов умеренных и теплых вод Северного полушария.

В пределах Сахалина состав изученной фауны близок к комплексу моллюсков аракайской свиты западной части острова [9]. В аракайской фауне две трети родового состава хойнджинской фауны (*Nuculana*, *Yoldia*, *Portlandia*, *Lima*, *Mytilus*, *Lucinoma*, *Thyasira*, *Ciliatocardium*, *Liocyma*, *Macoma*) представлено близкими таксонами, 7 видов (*Yoldia gretschischkini*, *Portlandia cerussata*, *Mytilus podkagernensis*, *Lucinoma acutilineata*, *Thyasira bisecta*, *Liocyma furtiva*, *Macoma simizuensis*) являются общими и имеют широкое географическое распространение в районах северо-западной части Пацифики, характеризую толщи преимущественно позднепалеогенового возраста [11]. На сегодня возраст аракайской свиты уверенно датируется олигоценом [14]. К тому же специальное изучение тихоокеанских люцином [18, 19] показало распространение *L. acutilineata* на Сахалине в толщах эоцен-позднемиоценового возраста.

Как указывалось выше, на Западном Сахалине стратиграфически ниже хойнджинской свиты залегает геннойшинская свита олигоцена [14], характеризующаяся относительно бедным и однообразным комплексом моллюсков, из которых в составе хойнджинской фауны нами установлена только *Yoldia gretschischkini*. На Сахалине и Камчатке этот вид – обычный элемент палеогеновых комплексов моллюсков.

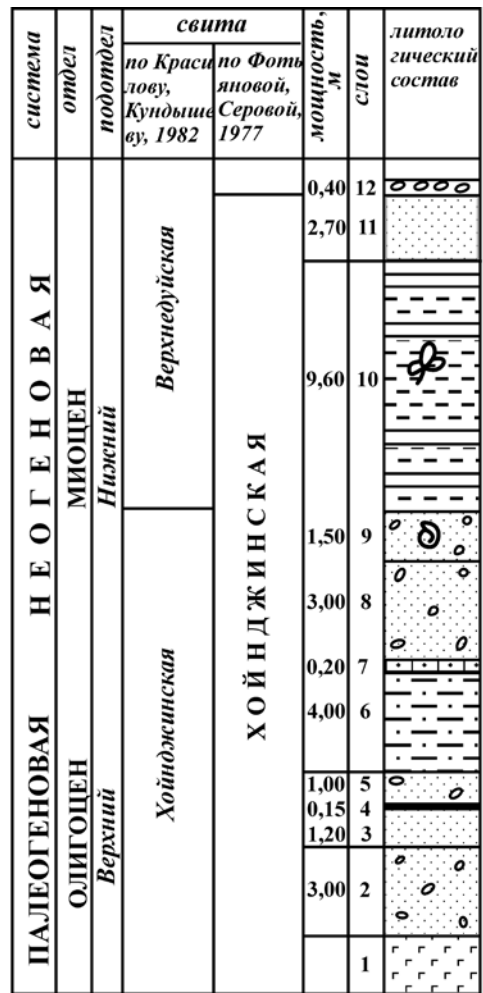


Рис. 3. Литолого-стратиграфическая колонка изученной части хойнджинского разреза Западного Сахалина.

1 – андезитобазальты; 2 – конгломераты; 3 – песчаники; 4 – алевропесчаники; 5 – алевролиты; 6 – аргиллиты; 7 – флора; 8 – фауна

На Камчатке состав изученной нами фауны в какой-то мере отвечает эоценовому комплексу моллюсков амининской свиты [2]. В обеих фаунах роды *Nuculana*, *Malletia*, *Modiolus* представлены близкими видами, 4 таксона (*Yoldia gretschischkini*, *Portlandia cerussata*, *Mytilus podkagernensis*, *Thyasira bisecta*) являются общими. Однако присутствие в составе хойнджинской фауны *Lima sakhalinensis*, *Macoma nipponica* и других двустворок, свойственных миоценовым фаунам Северо-Западной Пацифики, допускает возможность ее более молодого возраста по сравнению с возрастом амининской свиты.

Фауна эоцен-олигоценовой гакхинской свиты Западной Камчатки [2] также имеет некоторое сходство с фауной хойнджинской свиты. Представители родов *Nuculana*, *Yoldia*, *Portlandia*, *Malletia*, *Mytilus*, *Modiolus* составляют существенную часть обеих фаун, а *Yoldia gretschischkini*, *Portlandia cerussata*, *Mytilus podkagernensis*, *Malletia epikorniana*, *Thyasira bisecta*, *Liocyma furtiva* являются общими видами.

На Западной Камчатке моллюски вивентекской и утхолокской свит по комплексу основных форм во многом сходны между собой. Именно поэтому фаунистические комплексы обеих свит зачастую рассматриваются в рамках единого комплекса в составе утхолокско-вивентекского горизонта олигоцен-раннемиоценового возраста [2].

Несмотря на большое число эндемичных видов, утхолокско-вивентекская фауна проявляет известное сходство с хойнджинской. Так, представители родов *Nuculana*, *Yoldia*, *Portlandia*, *Malletia*, *Lucinoma*, *Liocyma*, *Tellina*, *Macoma* составляют основу обеих фаун, 5 видов (*Yoldia chojensis*, *Portlandia cerussata*, *Mytilus podkagernensis*, *Lucinoma acutilineata*, *Liocyma furtiva*) являются общими.

В Японии к изученному нами комплексу моллюсков мыса Хойнджо близок комплекс моллюсков из эоцен-олигоценовой формации Поронаи о-ва Хоккайдо [29]. Сходство выражается в присутствии общих видов (*Portlandia cerussata*, *Thyasira bisecta*) и ряда близких форм (*Lima j-suzukii* Tak., *Modiolus solea* Slod., *Malletia poronaica* (Yok.), *Macoma poronaiensis* Inoue et Mizuno).

Фауна формации Момидзияма о-ва Хоккайдо [24] также имеет много общего с изученной сахалинской. В сравниваемых фаунах на переднем плане находятся представители 4 родов двустворок (*Yoldia*, *Portlandia*, *Thyasira*, *Macoma*), 2 вида (*Portlandia cerussata*, *Thyasira bisecta*) общие. Согласно японским стратиграфическим схемам [22], формация Момидзияма датируется эоцен-олигоценовым возрастом.

В северо-западной Америке фауны, близкие к хойнджинской, нам не известны. Однако некоторые характерные виды из отложений мыса Хойнджо все же представлены в кайнозойских малакофаунах этого региона. Так, *Callista pittsburgensis* и *Felaniella snavelyi* (морфологически близкий к сахалинской *F. usta*) обычны для олигоценовой фауны формации Питсбург Блаф Орегона [27], *Tellina piercei* часто встречается в олигоцен-миоценовых фаунах Калифорнии [20], *Thyasira bisecta* типична для миоценовых [26], а *Lucinoma acutilineata* – для олигоцен-миоценовых фаун Калифорнии, Орегона и Вашингтона.

Сопоставление изученного комплекса моллюсков из хойнджинского разреза с фаунами сопредельных территорий показывает его довольно неоднородный состав. Обнаруженные нами в слое 9 двустворки (рис. 3) имеют аналоги в фаунах в возрастном диапазоне от эоцена до миоцена включительно, что существенно затрудняет определение их возраста.

Согласно имеющимся сведениям, радиологический возраст границы палеогена и неогена определяется диапазоном от 24,5 [28] до 23,8 млн лет [21], более поздние исследования [30] указывают на возраст 23,0 млн лет. Полученные данные абсолютного возраста по К-Аг (Department of Environmental Services, Teledyne Brown Engineering Co., New Jersey, USA) для верхней части толщи хойнджинских андезитобазальтов (слой 1 на рис. 3) дали датировку $17,6 \pm 0,9$ млн лет. В любом случае это показывает, что формирование верхней части хойнджинской свиты в изученном нами разрезе пришлось на начало раннемиоценовой эпохи и свидетельствует о преждевременности попыток обоснования положения границы между олигоценом и миоценом на рубеже хойнджинской и верхнеудейской свит, как считалось ранее многими исследователями. Важно отметить, что, по мнению

М.Я. Серовой [16], изучавшей планктонных фораминифер, геннойшинская свита, подстилающая хойнджинскую, имеет позднеолигоценовый возраст. Основание тому – выделенные ею три комплекса фораминифер, характеризующие нижнюю, среднюю и верхнюю части геннойшинской свиты и возможность сопоставить по ним вмещающие толщи свиты с отложениями олигоцена Камчатки (утхолокско-вивентекский горизонт) и Южного Сахалина (аракайский горизонт).

Важно также, что в нижней части геннойшинской свиты (район пади Огородной), в 12 м выше контакта свиты с подстилающей нижедуйской, нами был обнаружен комплекс фауны двустворчатых моллюсков и среди них *Nemocardium iwakiensis* (Makiyama). Согласно литературным сведениям [2, 10, 23], в Японии, на Сахалине и Камчатке этот вид характерен для толщ преимущественно олигоценового возраста. С учетом этих данных на Западном Сахалине границу между олигоценом и миоценом в хойнджинском разрезе, вероятно, следует проводить внутри интервала геннойшинской и хойнджинской свит и, скорее всего, внутри хойнджинской свиты.

На территории Сихотэ-Алиня олигоцен в разных структурно-фациальных зонах слагают угленосные вулканогенно-осадочные и вулканогенные образования. Их положение в сводном разрезе кайнозой постоянно меняется из-за отсутствия четкого представления об эволюции третичных флор на Дальнем Востоке. К тому же явно недостаточно данных по сопоставлению этапов развития флор и климатических флуктуаций с осадконакоплением, в особенности угленакоплением. В этом плане внимания заслуживает разрез в бухте Сизиман на восточном побережье Татарского пролива, в 200 км к северу от г. Советская Гавань, примерно на одной широте с хойнджинским разрезом Западного Сахалина. Он сложен вулканогенно-осадочными образованиями: лавобрекчиями андезитового состава коричневатого-серых тонов, туфоконгломератами с псаммитовым, отчасти пирокластическим цементом, с прослоями тонкозернистых песчаников и псаммо-алевритовых литокристаллокластических туфов основного состава. Остатки растений и окаменелая древесина найдены в основании туфогенно-осадочной толщи, залегающей на андезитах, возраст которых радиологическим методом определен в 30 млн лет. Эту толщу перекрывают базальты возрастом 14 млн лет [7].

По данным А.Г. Аблаева с соавторами [1], сизиманская флора включает 24 таксона растений, среди них *Cyrtomeria* sp., *Metasequoia disticha* (Heer) Miki, *Magnolia* sp. (*M. cf. krishtofovichii* Borsuk), *Lindera* sp., *Ulmus* sp., *Castanopsis* sp., *Corylus* ex gr. *macquarrii* (Forbs) Heer, *Populus celastrophylla* (Baik) Sychova, *Diospyros* aff. *neuburgae* Grub., *Mallothus* sp., *Rubus* sp., *Wistaria sichotaelinensis* Akhmet., *Pueraria sizimanica* Akhmet., *Acer* aff. *krishtofovichii* Borsuk, *Viburnum* sp. Примечательно наличие в захоронении таксодиевых (включая криптомерию), лавровых, молочайных, бобовых.

Судя по литературным данным, мнение исследователей относительно возраста сизиманской флоры нередко менялось. Так, допускался эоценовый возраст флоры с участием теплолюбивых и ксерофильных растений субтропического типа [3]. Позже [4, 5–7, 12] наметилась тенденция омолаживания возраста флоры до позднего олигоцена – ранних этапов миоцена. Анализ анатомического строения древесины *Sequoioxylon sizimanicum* Bloch. позволил Н.И. Блохиной [6] реконструировать достаточно влажный и умеренный климат, возможно, с мягкой зимой во время седиментации осадков бухты Сизиман. По ее мнению, на это же указывает доминирование слагающих флору представителей родов *Pinaceae*, *Betulaceae* и *Rosaceae*, наличие в ней таксодиевых и разнообразных кустарников. В то же время М.А. Ахметьев с соавторами [4] подчеркивает преимущественно холодолюбивый состав древесных растений Сизимана позднего олигоцена – раннего миоцена. На переднем плане выступают тополевые и березовые (в том числе ольховник).

Анализ приведенного выше таксономического состава сизиманской флоры позволил А.Г. Аблаеву с соавторами [1] датировать ее позднеолигоценовым возрастом, хотя позже (устное сообщение) он допускал для нее и более молодой возраст – позднеолигоцен-раннемиоценовый. По его данным, хотя она и включает таксоны, типичные для

эоцен-олигоценых флор региона, виды, характерные только для неогена, в ней не обнаружены. К тому же проведенные А.Г. Аблаевым сравнения с известными флорами палеогена востока Азии обнаружили, по его мнению, сходство лишь самого общего плана.

Судя по приведенным выше сведениям очевидно, что обоснование возраста флоры Сизимана продолжает оставаться проблематичным, что связано с определенными трудностями ввиду ее специфичности и недостаточной изученности дальневосточных флор эпохи олигоцена в целом [1]. К тому же нам представляется, что для установления достоверных пространственно-временных связей между фаунами и флорами должен приниматься во внимание весь комплекс факторов, включая литологические и климатические. Имеющиеся данные однозначно указывают на нестабильность климата в олигоцене. По материалам палинологических исследований, С.А. Лаухин [13] для внетропической части Северного полушария выделил пессимумы в конце эоцена – начале раннего олигоцена, в конце олигоцена – раннем миоцене и оптимум в олигоцене. При общей тенденции к похолоданию имеются свидетельства падения среднегодовой температуры к концу олигоцена [32]. В то же время Л. Кейгвин и Г. Келлер [25] на основании изучения планктонных и бентосных фораминифер в экваториальных широтах Пацифики зафиксировали наиболее сильное снижение температуры в середине олигоцена (29 млн лет). На тихоокеанском побережье США на широте 42–43° в олигоцене произрастали смешанные широколиственные вечнозеленые и хвойные леса со среднегодовой температурой 12–13° (по содержанию видов с цельнокрайними листьями во флорах раннего олигоцена от 33 до 41 %) [31].

Нам представляется, что слои с фауной хойнджинской свиты Западного Сахалина (район мыса Хойнджо) и слои с флорой в районе бухты Сизиман континентальной части юга Дальнего Востока принадлежат если не к одному, то по крайней мере к очень близкому стратиграфическому уровню позднего этапа олигоценовой – раннего этапа миоценовой эпох. Это позволяет предположить, что именно на этом уровне определяется положение границы между палеогеном и неогеном в южной части Дальнего Востока России. По всей видимости, в указанное время развитие биот протекало в относительно благоприятных климатических условиях, ознаменованных активной вулканической деятельностью, выраженной излиянием эффузивов основного ряда.

Несомненно, более целостное восприятие систематической структуры и географического распространения хойнджинской фауны предполагает ее монографическое описание. Необходимость дополнительных исследований в этом плане очевидна.

Авторы выражают искреннюю признательность д-ру геол.-минер. наук Ю.Д. Захарову (ДВГИ ДВО РАН, Владивосток) за замечания и полезные советы, а также Л.Ю. Смирновой и Л.С. Цуриковой (ДВГИ ДВО РАН, Владивосток) за техническую помощь в подготовке рукописи к печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аблаев А.Г., Аннин В.К., Боцул А.И. и др. Геолого-палеонтологическая характеристика сизиманского местонахождения третичных флор восточного Сихотэ-Алия: препр. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 33 с.
2. Атлас фауны и флоры неогеновых отложений Дальнего Востока. Точилинский опорный разрез Западной Камчатки. М.: Наука, 1984. 331 с.
3. Ахметьев М.А. Ископаемые флоры стратотипического разреза неогена среднего Сахалина (Александровский район) // Сов. геология. 1976. № 2. С. 130–136.
4. Ахметьев М.А., Волобуева В.И., Гладенков Ю.Б., Шелудченко С.Д. Позднепалеогеновое похолодание на востоке СССР по палеонтологическим данным // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1986. Т. 6, вып. 4. С. 87–100.
5. Блохина Н.И. Древесина лиственницы из третичных отложений бухты Сизиман (Хабаровский край) // Палеонтол. журн. 1985. № 3. С. 105–109.
6. Блохина Н.И. Древесина секвойи из позднего олигоцена бухты Сизиман (Хабаровский край) // Палеонтол. журн. 1986. № 3. С. 131–135.
7. Блохина Н.И. Третичные древесины Дальнего Востока – структурный, палеонтологический и стратиграфический анализ: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. 20 с.
8. Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.И., Маргулис Л.С., Сальников Б.А. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: ГЕОС, 2002. 224 с.

9. Жидкова Л.С., Мишаков Г.С., Неверова Т.И., Попова Л.А., Сальников Б.А., Сальникова Н.Б., Шереметьева Г.Н. Биофациальные особенности мезокайнозойских бассейнов Сахалина и Курильских островов. Новосибирск: Наука, 1974. 251 с.
10. Жидкова Л.С. Зональные подразделения палеогена Западного Сахалина (чеховский типовой разрез) // Стратиграфия кайнозоя Дальнего Востока. Л.: ВНИГРИ, 1985. С. 77–101.
11. Жидкова Л.С., Пронина И.Г. Корреляция палеогеновых и неогеновых отложений северной части Тихого океана по моллюскам // Кайнозой дальневосточных районов СССР. Л.: ВНИГРИ, 1978. С. 42–79.
12. Красилов В.А., Кундышев А.С. Смена флоры в опорном кайнозойском разрезе Западного Сахалина и корреляции континентального миоцена // Тихоокеан. геология. 1982. № 4. С. 90–95.
13. Лаухин С.А. Роль климата в стратиграфии третичных отложений // Изв. АН СССР. Серия геол. 1985. № 1. С. 122–125.
14. Решения рабочих межведомственных региональных стратиграфических совещаний по палеогену и неогену восточных районов России – Камчатка, Корякского нагорья, Сахалина и Курильских островов: объясн. зап. к стратиграф. схемам. М.: ГЕОС, 1998. 147 с.
15. Сальников Б.А., Мишаков Г.С., Архипова А.Д. и др. Стратиграфия нефтегазоносных и перспективно нефтегазоносных толщ Сахалина // Новые данные по геологии и нефтегазоносности Сахалина. Л.: ВНИГРИ, 1979. С. 4–32.
16. Серова М.Я. Морской олигоцен в опорном разрезе палеогена Западного Сахалина // Изв. АН СССР. Серия геол. 1985. № 11. С. 86–89.
17. Фотьянова Л.И., Серова М.Я. О стратотипах верхнедудьской и сертунайской свит Сахалина (флора, фораминиферы и обоснование возраста) // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1977. Т. 52, № 1. С. 56–72.
18. Худик В.Д. Кайнозойские люциномы Северной Пацифики и их стратиграфическое значение // Новые данные по стратиграфии Дальнего Востока и Тихого океана. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 41–51.
19. Худик В.Д., Съедин В.Т. К проблеме изучения двустворчатых моллюсков рода *Lucinoma* Dall из кайнозоя северо-западной части Пацифики // Вестн. ДВО РАН. 2017. № 4. С. 29–37.
20. Addicott W.O. Oligocene molluscan biostratigraphy and paleontology of the lower part of the type Temblor Formation, California. Wash.: U.S. Gov. Printing Office, 1973. 48 p. (Geol. Surv. Profess. Pap.; N 791).
21. Berggren W.A., Kent D.V., Swisher C.C. III, Aubry M.-P. A revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy // Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation. SEPM Spec. publ. 1995. N 54. P. 129–212.
22. Fundamental data on Japanese Neogene Bio- and Chronostratigraphy / ed R. Tsuchi; IGCP-114 National Working Group of Japan. Shizuoka, 1979. 156 p.; 1981. 126 p.
23. Honda Y. Paleogene molluscan faunas from the Kushiro Coal Field, Eastern Hokkaido // Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 2: Geology. 1989. Vol. 60, N 1. P. 1–137.
24. Kanno S., Ogawa H. Molluscan fauna from the Momijiyama and Takinoue districts, Hokkaido, Japan // Sci. Rep. Tokyo Univ. Kyoiku Daigaku. 1964. N 81. P. 269–294.
25. Keigwin L., Keller G. Middle Oligocene cooling from equatorial Pacific DMDP Site 77 B // Geology. 1984. N 7. P. 16–19.
26. Moore E.J. Miocene marine mollusks from the Astoria formation in Oregon. Wash.: U.S. Gov. Printing Office, 1963. 109 p. (Geol. Surv. Profess. Pap.; N 419).
27. Moore E.J. Oligocene marine mollusks from the Pittsburg Bluff formation in Oregon. Wash.: U.S. Gov. Printing Office, 1976. 66 p. (Geol. Surv. Profess. Pap.; N 922).
28. Ryan W.B.F., Cita M.B., Dreyfus R.M. et al. Paleomagnetic assignment of Neogene stage boundaries and the development of isochronous datum planes between the Mediterranean, the Pacific and Indian oceans in order to investigate the response of the world ocean to the Mediterranean «Salinity Crisis» // Riv. Ital. Paleontol. 1974. Vol. 80, N 4. P. 631–688.
29. Takeda H. The Poronai formation (Oligocene Tertiary) of Hokkaido and South Sakhalin and its fossil fauna // Studies on Coal Geology, Hokkaido Association of Coal Mining Technologists. 1953. N 3. P. 1–103.
30. Walker J.D., Geissman J.W. Geologic Time Scale // Bull. Geol. Soc. Amer. 2009. DOI: 10.1130/2009.CTS004R2C.
31. Wolfe J.A. Paleoclimatic significance of the Oligocene and Neogene floras of the North-East United States // Paleobot., Paleocol. and Evolution. 1981. Vol. 2. P. 79–101.
32. Wolfe J.A. Tertiary climates and floristic relationships at high latitude in the Northern hemisphere // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 1981. Vol. 30. P. 313–323.

Е.Н. МАЛЫШЕВА

Сравнительная характеристика комплексов сфинктозоа, обнаруженных в органогенных постройках Находкинского рифа и горы Брат (Южное Приморье)

Приводится краткая информация о сфинктозоа, их морфологических особенностях и значении для стратиграфии Южного Приморья. Также даются сведения о новых местонахождениях некоторых видов на Находкинском рифе и горе Брат в Южном Приморье. Проведена сравнительная характеристика горы Брат и Находкинского рифа на основе изучения сфинктозоа.

Ключевые слова: сфинктозоа, Южное Приморье, верхняя пермь, Находкинский риф, гора Брат.

Comparative characteristics of Sphinctozoa complexes found in organogenic structures of the Nakhodkinskiy Reef and Mount Brat (Southern Primorye). E.N. MALYSHEVA (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

The brief information about Sphinctozoa, their morphological features and value to the stratigraphy of the South Primorye are provided. Information about the new locations of some species on the Nakhodkinskiy Reef and the Mount Brat in Southern Primorye is also given. A comparative description of the Mount Brat and the Nakhodkinskiy Reef based on the study of the Sphinctozoa has been carried out.

Key words: Sphinctozoa, Southern Primorye, Upper Permian, the Nakhodkinskiy Reef, the Mount Brat.

Введение

Пермские карбонатные отложения Южного Приморья отличаются обилием ископаемой фауны. Активное участие в их создании наряду с другими ископаемыми организмами (водорослями, гастроподами, криноидеями, кораллами, мшанками, гидрозоа) принимали сфинктозоа.

Сфинктозоа – прикрепленные бентосные организмы. Данный класс животных относится к низшим многоклеточным. Скелет их карбонатный, состоит из стенок камер, надстраивающих друг друга, редко изолированных, в большинстве случаев сообщающихся с помощью различно устроенных осевых каналов. Стенки камер обычно пористые, камеры часто заполнены различного типа скелетной тканью, реже полые [2]. Данная группа организмов внешне схожа с губками и археоциатами, и при визуальном наблюдении сфинктозоа часто принимают за последних. Основные характерные признаки сфинктозоа – наличие функциональных сфинктеров, отличающих данных организмов от губок, и отсутствие бластопора (ротового отверстия), который встречается у археоциат [3].

МАЛЫШЕВА Екатерина Николаевна – младший научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток). E-mail: rumbum@yandex.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект мол_а № 18-35-00063.

Сфинктозоа встречаются как колониальными таксонами, которые развивались при благоприятных условиях и играли роль каркасостроителей, так и единичными, жившими в менее благоприятных условиях. Это была теплолюбивая группа организмов, предпочитавшая субтропические и тропические пояса, о чем свидетельствует географическое положение полосы распространения местонахождений сфинктозоа в области Тетиса. При этом отмечается различие в глубинах – от мелководья до первых десятков метров. Кроме того, сфинктозоа предпочитали участки морского бассейна с активной гидродинамикой и нормальной соленостью воды. К субстрату организмы прикреплялись при помощи пластинчатых выростов. Изредка у них встречаются ризоиды [2].

Изучению этой группы организмов посвящен ряд работ зарубежных исследователей [9–11].

Среди верхнепермских сфинктозоа на юге Приморского края обнаружены представители 17 родов [2, 8].

Г.В. Беляевой [2] выделены слои раннеджульфинского комплекса по роду *Amblysiphonella* Steinmann, 1882 с видами *Amblysiphonella asiatica* Yu, 1993, *Amblysiphonella vesiculosa* (Konink, 1863) и *Amblysiphonella yuni* Zhang, 1985. Слои позднеджульфинского–раннедорашамского комплекса выделены ею же по роду *Belyaevaspongia* Senowbari-Daryan, Ingavat-Helmcke, 1994 с видом *Belyaevaspongia insolita* (Belyaeva, 1991) Senowbari-Daryan, Ingavat-Helmcke, 1994 [2]. По последним данным, выделенный Г.В. Беляевой раннеджульфинский комплекс относится к раннекептенскому веку, а позднеджульфинский–раннедорашамский комплекс – к позднекептенскому–ранневучапинскому веку [5].

Цель исследования – изучение сфинктозоа на Находкинском рифе и горе Брат и проведение сравнительной характеристики этих карбонатных массивов на основе изучения данных организмов.

Материалы и метод

Материалом для исследования послужила собранная нами коллекция образцов из органогенных известняков Находкинского рифа и горы Брат. Были изготовлены шлифы, сделано несколько фотографий с массива, изучены литературные данные [1, 2, 5]. В результате обнаружено несколько новых местонахождений сфинктозоа [7], проведен анализ послонных изменений их систематического и количественного состава, выполнена схема находок сфинктозоа и их послонная привязка.

Краткая палеонтологическая характеристика Находкинского рифа

Находкинский риф расположен вблизи г. Находка (рис. 1).

Риф имеет в рельефе форму куполовидной возвышенности и простирается примерно на 150 м в длину и 40 м в ширину [1]. В связи с ежедневной разработкой карьера в настоящее время от массива осталась примерно 1/2 часть. Основной органический состав рифа – сфинктозоа, кораллы, фораминиферы, криноидеи, водоросли. В небольшом количестве присутствуют двустворчатые моллюски, аммоноидеи, мшанки. Следует отметить, что основными каркасостроителями были сфинктозоа совместно с криноидеями, встречающиеся на всем протяжении рифа. Особенно много их в составе ядра рифа (в верхней части массива), где они образуют крупные ветвистые колонии. В нижней части массива сфинктозоа также часты (рис. 2).

Формирование Находкинского рифа началось в конце средней перми (верхнекептенский век) (рис. 3). В это время начали формироваться слои с мелкими фораминиферами и крупными фузулинидами. Фации биостромов и биогермов сложены криноидеями, мшанками, сфинктозоа, кораллами. Также здесь встречены брахиоподы, двустворчатые моллюски. Наиболее разнообразны по составу организмов фации ядра рифа. Они сложены

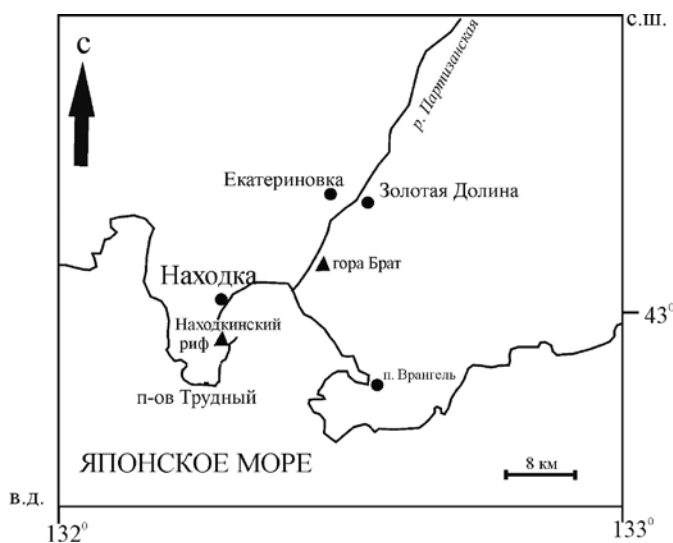


Рис. 1. Схема расположения Находкинского рифа и горы Брат (по работе [8], с дополнениями)

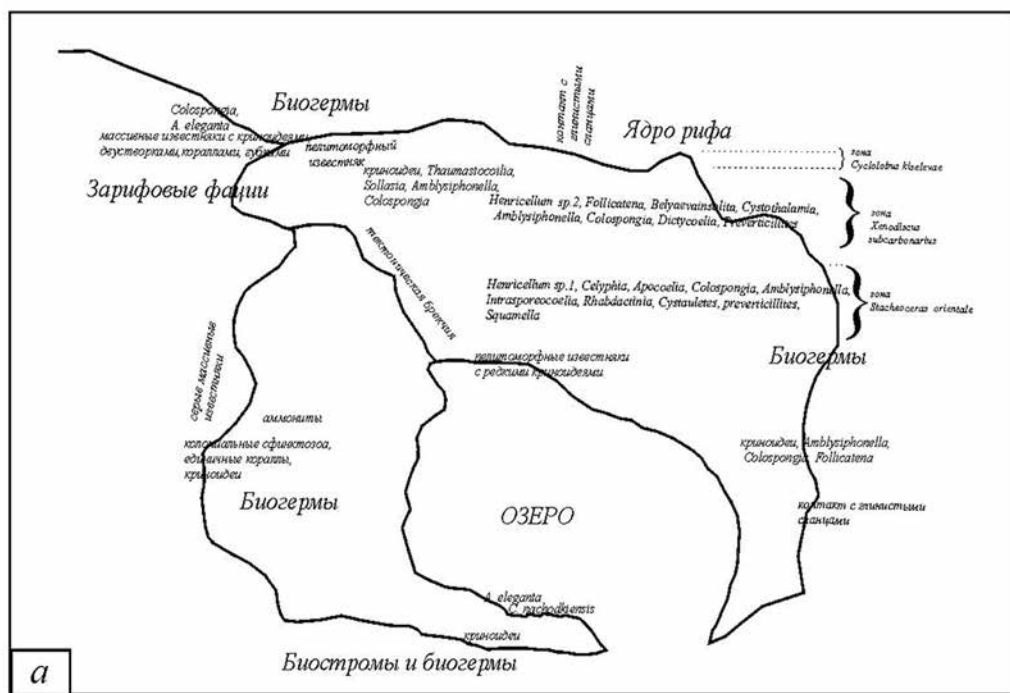


Рис. 2. Схема находок сфинктозоа на Находкинском рифе: а – схематическое изображение Находкинского рифа, б – вид сверху, в – правый склон

Система	МСШ		Находкинский риф	Аммоноидеи	Фузулиниды	Сфинктозоа	Гора Брат	
	Отдел	Ярус						
Пермская	Лопинский	Вучашинский		Cyclolobus kiselevae				
				Xenodiscus subcarbonarius				
	Гваделупский	Кеппенский		Stacheoceras orientale		Metadoliolina lepida - Lepidolina kumaensis	Henricellum sp. 2 Intrasporeocoelia robusta Belyaevaspongia insolita Amblysiphonella cf. regularis	
							Henricellum sp. 1 Intrasporeocoelia orientalis Colospongia composita Lichuanospongia primorica	
			Neocrimites	Parafusulina stricta				

Рис. 3. Стратиграфическая колонка Находкинского рифа и горы Брат (Южное Приморье), по работе [6]

многочисленными сфинктозоа и криноидеями. В меньшей степени присутствуют мшанки, губки, гидроидные. В зарифовой фации, сложенной темно-серыми до черных пелитоморфными известняками, присутствуют ювенильные формы сфинктозоа и водоросли. Фации склона сложены обломочными известняками с криноидеями, сфинктозоа, губками, мшанками, гидроидными. Завершилось развитие рифа в начале верхней перми (ранневучапчинский век).

Изученный материал показал, что сфинктозоа были основными каркасостроителями Находкинского рифа наряду с водорослями и криноидеями. Анализ систематического и количественного состава сфинктозоа в известняках Находкинского рифа свидетельствует о том, что данные организмы имеют прямое отношение ко всем стадиям формирования рифа. Они встречаются в составе биостромов, биогермов, ядра рифа и в зарифовых фациях. Фации биогермов и биостромов сложены каркасными известняками с криноидеями и водорослями. Наиболее многочисленные в количественном отношении и разнообразные по составу сообщества отмечаются в биогермных известняках и ядре рифа. Максимальное разнообразие сфинктозоа, представленное более чем 20 видами, встречается в составе ядра рифа в верхней его части. Здесь наблюдаются крупные ветвистые колонии (до 0,5 м) сифонатного и асифонатного типов (*Amblysiphonella*, *Rhabdactinia*, *Colospongia*, *Intrasporeocoelia*). Также встречаются *Sollasia*. Более редкие – чешуйчатые стелющиеся формы (*Cystothalamia*, *Celyphia*). Зарифовые фации сложены темно-серыми пелитоморфными

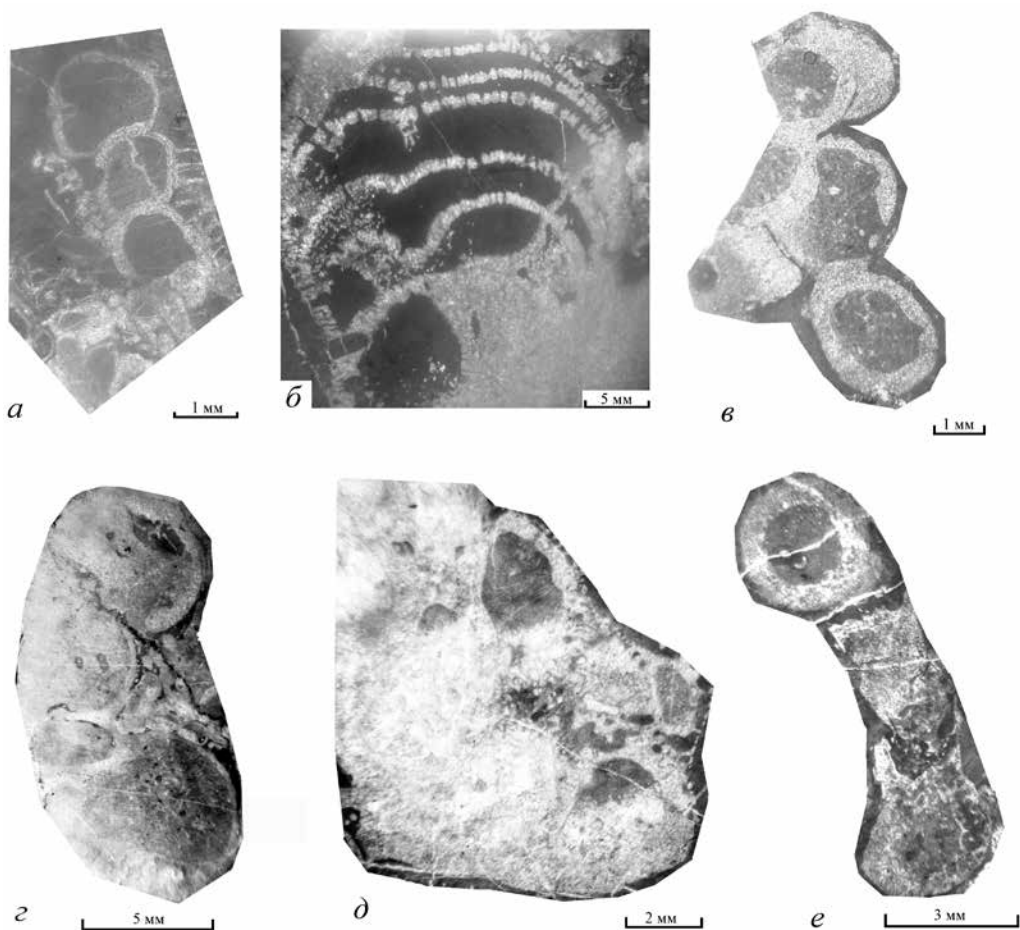


Рис. 4. Фотографии шлифов со сфинктозоа: *a* – *Celyphia* cf. *bacula* Belyaeva, 2000, Находкинский риф, Южное Приморье; *б* – *Intrasporocoelia hubiensis* Fan and Zhang, 1985, Находкинский риф, Южное Приморье; *в* – *Apocoelia orientalis* Belyaeva, 1991, гора Брат, Южное Приморье; *z* – *Henricellum* sp. 1, гора Брат, Южное Приморье; *д* – *Cystauletes* cf. *lercarenses* Senowbari-Daryan and Di Stefano, 1988, гора Брат, Южное Приморье; *е* – *Paradeningeria* sp., гора Брат, Южное Приморье

известняками со сфинктозоа и водорослями. Сфинктозоа здесь отличаются небольшими размерами (0,5–20 мм) и тонкими скелетами. Среди них преобладают асифонатные формы (*Cystothalamia*, *Celyphia*, *Follicatena*). В нижней части массива встречаются в основном *Colospongia* и *Amblysiphonella* [1].

В результате исследования на Находкинском рифе были найдены виды *Intrasporocoelia hubiensis* Fan et Zhang, 1985 и *Celyphia* cf. *bacula* Belyaeva (рис. 4, *a*, *б*).

Всего на Находкинском рифе встречается 15 родов и 31 вид сфинктозоа.

Краткая палеонтологическая характеристика горы Брат

Гора Брат (рис. 1) представляет собой изолированный массив и в рельефе имеет форму куполовидной возвышенности с овальным основанием, по длинной оси 1000 м, по короткой – 600 м (рис. 5). После вскрытия карьера высота массива около 250 м.

Для выяснения условий образования органогенной постройки изучали систематический состав беспозвоночных, обнаруженных в органогенных известняках, определяли процентное содержание рифостроящих и рифолюбивых организмов, а также характер

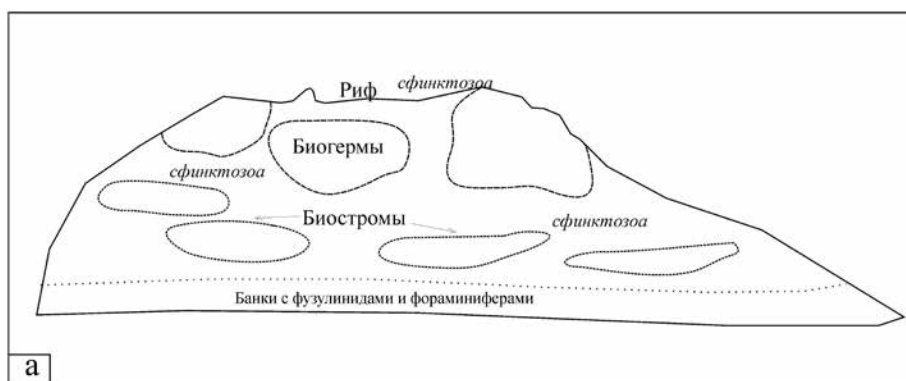


Рис. 5. Схема находок сфинктозоа на горе Брат: а – схематическое изображение горы; б – биогерм; в – вид на гору с дороги

взаимоотношений различных экологических групп. Полученные данные позволили выявить три стадии рифообразования на данном органогенном массиве: стадия банки, стадия биострома и стадия биогерма [4].

Формирование массива началось в кептенском веке (рис. 4). Здесь встречаются многочисленные фораминиферы, брахиоподы, единичные двустворчатые моллюски, обнаруженные в основании массива. Позже в формировании постройки принимали участие мелкие колонии мшанок, единичные кораллы, сфинктозоа. Постепенно рифостроящие организмы становились многочисленнее, что привело к образованию небольших биостромовых построек, в которых каркасостроителями в основном были водоросли, реже – мшанки и кораллы. На стадии образования биостромов и биогермов основными каркасостроителями были криноидеи, водоросли, кораллы, сфинктозоа, мшанки. Среди сопутствующих организмов этого уровня можно назвать брахиопод, фораминифер, гастропод, аммоноидей, двустворок [1, 5]. Исследованиями выявлено начальное формирование рифовых фаций, о чем свидетельствует обилие кораллов.

Сфинктозоа отличаются своей многочисленностью, но небольшим видовым разнообразием. Преобладают виды *Sollasia arta*, *Celyphia permica*, *Apocoelia orientalis*, *Follicatena callosa*, *Colospongia composita*, *Amblysiphonella yuni*, *Intrasporeocoelia orientalis*. В небольшом количестве встречается *Lichuanospongia primorica* и виды рода *Cystauletes*.

На данном массиве наблюдаются только начальные стадии формирования рифовой постройки. Фации рифового склона представлены органогенно-обломочными известняками. Отложения фации ядра рифа и лагуны встречаются ограниченно. Основными рифостроителями были сфинктозоа (*Sollasia arta*, *Celyphia permica*, *Follicatena callosa*, *Colospongia composita*, *Amblysiphonella yuni*, *Intrasporeocoelia orientalis*), криноидеи, табулятоморфные кораллы, мелкие мшанки. Фация зарифовой лагуны сложена чередованием слоистых пелитоморфных известняков и мергелей.

Ранее найдено несколько новых местонахождений видов *Intrasporeocoelia orientalis* Belyaeva, 1991 и *Amblysiphonella yuni* Zhang, 1985, *Belyaevaspongia insolita*, *Rhabdactinia columnaria* [8], а также новые *Apocoelia orientalis*, *Cystauletes* cf. *lercarenses* Senowbari-Daryan and Di Stefano, 1988 и несколько представителей рода *Paradeningeria*. Кроме того, на горе Брат обнаружен вид *Henricellum* sp., имеющий большое сходство с видом *Henricellum* sp. 1, который ранее был найден Г.Б. Беляевой на Находкинском рифе и присутствует среди других видов в выделенном ею раннекептенском комплексе (рис. 4, в–ж) [2].

Всего на горе Брат встречается 13 родов и 13 видов сфинктозоа.

Сравнительная характеристика горы Брат и Находкинского рифа на основе изучения сфинктозоа

В процессе работы было проведено палеоэкологическое сравнение Находкинского рифа и горы Брат на основе изучения сфинктозоа и другой сопутствующей фауны, обнаруженной в известняках данных массивов. Сфинктозоа на горе Брат не так многочисленны, как на Находкинском рифе, и захоронены гнездообразно. Характер распространения и отсутствие крупных колоний сфинктозоа на горе Брат позволяют сделать вывод о том, что условия их существования здесь неблагоприятны.

Анализ распределения ископаемых остатков фауны показал наличие на Находкинском рифе всех стадий рифообразования (банки, биострома, биогерма, рифа). Сфинктозоа встречаются на всем протяжении рифа и образуют многочисленные колонии. На горе Брат обнаружены стадии банки, биострома, биогерма и, возможно, начальные стадии рифа. Сфинктозоа здесь не так многочисленны, как на Находкинском рифе, но также имеют очень хорошую сохранность.

Учитывая избирательность сфинктозоа к определенным условиям окружающей среды, можно сделать вывод об определенных палеоэкологических условиях, при которых формировались данные органогенные массивы. Результаты исследований показывают, что изучаемые рифы имели разные обстановки осадконакопления. Находкинский риф развивался на мелководье в зоне с активной гидродинамикой. Гора Брат, наоборот, была удалена от берега, и ее формирование, скорее всего, завершилось на стадии биогерма.

Общими для изучаемых рифов являются 11 родов и 10 видов сфинктозоа (см. таблицу).

Результаты исследований позволяют дополнить новыми данными интервал распространения некоторых видов сфинктозоа (*Intrasporeocoelia hubiensis*, *Celyphia* cf. *bacula*, *Apocoelia orientalis*, *Cystauletes* cf. *lercarenses*, *Paradeningeria* sp., *Henricellum* sp. 1) для более точного составления стратиграфических карт.

Важной находкой стали обнаруженные на горе Брат представители рода *Paradeningeria* – это второй случай нахождения данного рода в пермском периоде. В настоящее время из перми известен только один вид [2], все остальные находки рода *Paradeningeria* приурочены к триасовым отложениям. Автором обнаружено несколько образцов с видами, принадлежащими к упомянутому выше роду, отличающихся по внешним признакам (форма камер, размеры камер и центрального канала и т.д.) от уже известных видов. Готовится описание нового вида. Обнаруженная на Находкинском рифе *Celyphia* cf. *bacula* имеет большое сходство с верхнепермской *Celyphia bacula* из Юго-Восточного Китая, что дополняет ареал распространения данного вида. Вид упоминается как *C.* cf. *bacula* из-за плохой сохранности и более мелких размеров, чем у аналога из Китая, что никоим образом не позволяет рассматривать его как другой вид. Также представитель рода *Henricellum*, упомянутый Беляевой как *Henricellum* sp. 1 [2], который ранее был обнаружен на Находкинском рифе (слои раннекептенского комплекса), встречен на горе Брат.

Распространение сфинктозоа на Находкинском рифе и горе Брат

Сфинктозоа	Находкинский риф	Гора Брат
<i>Sollasia arta</i> Belyaeva, 1991	+	+
<i>Thaumastocoelia</i> sp.	+	
<i>Celyphia</i> cf. <i>bacula</i> Belyaeva, 2000	+	
<i>Celyphia permica</i> Belyaeva, 1991	+	+
<i>Henricellum</i> sp. 1	+	+
<i>Henricellum</i> sp. 2	+	
<i>Follicatena callosa</i> Belyaeva, 1991	+	+
<i>Apocoelia orientalis</i> Belyaeva, 1991	+	+
<i>Colospongia benjamini</i> (Girty, 1908)	+	
<i>C. nachodkiensis</i> Belyaeva, 1991	+	
<i>C. globosa</i> Belyaeva, 1991	+	
<i>C. composita</i> Belyaeva, 1991	+	+
<i>Chinaspongia fani</i> Belyaeva, 2000	+	
<i>Amblysiphonella asiatica</i> Yu, 1934	+	
<i>A. eleganta</i> Belyaeva, 1991	+	
<i>A. yuni</i> Zhang, 1985	+	+
<i>A. vesiculosa</i> (Konink, 1863)	+	
<i>A. cf. regularis</i> Zhang, 1983	+	
<i>A. obliquisepta</i> Zhang, 1983	+	
<i>Belyaevaspongia insolita</i> Senowbari-Daryan & Ingavat Helmcke, 1994	+	+
<i>Intrasporeocoelia orientalis</i> Belyaeva, 1991	+	+
<i>I. robusta</i> Belyaeva, 1991	+	
<i>I. hubiensis</i> Fan et Zhang, 1985	+	
<i>Rhabdactinia columnaria</i> Yabe et Sugiyama, 1934	+	+
<i>Rh. cf. columnaria</i> Yabe et Sugiyama, 1934	+	
<i>Cystothalamia crassa</i> Belyaeva, 1991	+	
<i>C. aff. nodulifera</i> Girty, 1908	+	
<i>Polycystocoelia</i> cf. <i>huajiaopingensis</i> Zhang, 1983	+	
? <i>Cystauletes squamilis</i> Belyaeva, 1991	+	
<i>C. primoriensis</i> Belyaeva, 1991	+	
<i>C. cf. lercarenses</i> Senowbari-Daryan and Di Stefano, 1988		+
<i>Preverticillites columnella</i> Parona, 1931	+	
<i>Lichuanospongia primorica</i> Belyaeva, 1991		+
<i>Paradeningeria</i> sp.		+

Автор выражает благодарность к.г.-м.н. Т.А. Пуниной за ценные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева Г.В., Тащи С.М. Органогенные постройки верхней перми Приморья // Тихоокеан. геология. 1996. Т. 15, № 3. С. 50–67.
2. Бойко Э.В., Беляева Г.В., Журавлева И.Т. Сфинктозоа фанерозоя территории СССР. М.: Наука, 1991. 222 с.
3. Бондаренко Л.Г., Михайлова И.А. Практическое руководство по палеонтологии в сравнительных таблицах. Владивосток: Дальнаука, 2013. 123 с.
4. Гапликова Е.Н. Палеоэкологическая характеристика органогенной постройки горы Брат Южного Приморья // Рифы и карбонатные псефитолиты: материалы Всероссийского литологического совещания. Сыктывкар, 2010. С. 49–50.
5. Когляр Г.В., Вукс Г.П., Кропачева Г.С., Кушнарь Л.В. Находкинский риф и место людянзинского горизонта Южного Приморья в ярсной шкале пермских отложений Тетической области // Проблемы биостратиграфии перми и триаса Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. С. 54–63.

6. Котляр Г.В. Пермские отложения Южного Приморья – ключ к прослеживанию ярусных подразделений международной и общей стратиграфических шкал // Тихоокеан. геология. 2015. Т. 34, № 4. С. 19–38.
7. Малышева Е.Н. Новые местонахождения позднепермских сфинктозоа в Южном Приморье // Вестн. КРОУНЦ. Науки о Земле. 2016. Вып. 30, № 2. С. 96–101.
8. Малышева Е.Н. Удивительные организмы сфинктозоа из верхнепермских органогенных массивов юга Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2017. № 4. С. 135–140.
9. Li Q., Li Y., Kiessling W. The first sphinctozoan-bearing reef from an Ordovician back-arc basin // *Facies*. 2015. Vol. 61, N 17. P. 1–9.
10. Peybernes C., Chablais J., Martini R. Upper Triassic (Ladinian?–Carnian) reef biota from the Sambosan Accretionary Complex, Shikoku, Gapan // *Facies*. 2015. Vol. 61, N 20. P. 1–27.
11. Senowbari-Daryan B., Link M., Riedel P. *Colospongia cribrifera* nov. sp. and *Parastilothalamia minima* nov. sp. (“Sphinctozoa”, Porifera) from the Norian of Taurus Mountain, Turkey // *Revue de Paleobiologie*. Geneve. 2015. Vol. 34 (1). P. 1–9.

Е.А. ЖАРИКОВА, О.М. ГОЛОДНАЯ

К вопросу о почвах городских газонов (на примере городов Приморья)

На территории любого города значительные площади занимают газоны, которые являются одним из важнейших элементов благоустройства. Но состояние травостоя на них часто неудовлетворительное. Цель работы – определить основные свойства почв городских газонов разного качества. Установлено, что абсолютное большинство почв городских газонов имеет легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав и благоприятные для растительности параметры кислотности – слабокислую и близкую к нейтральной среде. Газоны с хорошим состоянием травяного покрова обладают достаточной мощностью плодородного слоя, оптимальной плотностью, средним и высоким содержанием гумуса и питательных элементов. Причиной неудовлетворительного состояния травяного покрова часто является недостаточная мощность плодородного слоя, переуплотнение, бесструктурность, крайне высокое содержание доступного фосфора (как результат несбалансированного внесения удобрений). Регулярный мониторинг поможет своевременно выявлять негативные изменения основных свойств почвы, а мероприятия по улучшению качества почвенного покрова обеспечат нормальное функционирование растительности и хорошее декоративное состояние газонов.

Ключевые слова: городские почвы, агрохимические и агрофизические свойства почв, газоны.

On the issue of urban lawn soils (on the example of cities of Primorye). E.A. ZHARIKOVA, O.M. GOLODNAYA (Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok).

Large areas on the territory of any city are lawns, which are one of the most important elements of improvement. But the state of herbage on them is often unsatisfactory. The purpose of this work is to determine the basic properties of soils of urban lawns of different quality. The vast majority of soils of urban lawns have light-loamy and medium-loamy granulometric composition and favorable acid parameters for vegetation: weak and close to neutral acid medium. Lawns with a good grass cover have sufficient power of the fertile layer, optimal bulk density and average and high content of humus and nutrients. The reasons for the unsatisfactory state of the grass cover are the insufficient power of the fertile layer, over-compaction, lack of structure, extremely high content of available phosphorus (as the result of unbalanced fertilizers applying). The regular soil tests are necessary for the timely establishment of negative changes in the main soil characteristics. Measures to improve the quality of the soil cover will ensure the normal functioning of the vegetation and maintain lawns in a good decorative state.

Key words: urban soils, agrochemical and agrophysical soil properties, lawns.

Озеленение – обязательная составляющая градостроительной структуры, компонент городского ландшафта и важнейшая часть экологического каркаса города, по его показателям судят об устойчивости развития центров урбанизации [8]. Не вызывает сомнения, что в условиях нарастающего техногенного давления зеленые зоны увеличивают инвестиционную привлекательность жилых и общественно-деловых кварталов, повышают рекреационную ценность территорий и способствуют созданию позитивного имиджа города [12].

Растительность, выполняющая эстетическую, оздоровительную и протекторную функции, является важнейшей составляющей системы городского благоустройства.

*ЖАРИКОВА Елена Анатольевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ГОЛОДНАЯ Ольга Михайловна – научный сотрудник (Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: ejarikova@mail.ru

Большую роль в озеленении играют не только древесно-кустарниковые насаждения, но и напочвенный растительный покров. Газоны (как естественные, так и культурные) – базовый элемент озеленения, они занимают значительные площади на территории любого города (придорожные зоны, парки, скверы, придомовые территории, административные комплексы). Газоны препятствуют пылеобразованию за счет закрепления почв, улавливают и удерживают пыль на своей поверхности, снижают скорость ветра, гасят шумы, поглощают углекислый газ и выделяют кислород, регулируя тем самым состав приземного воздуха. По своему воздухоочистительному потенциалу 4 м² газона сопоставимы с одним деревом [3, 17]. Травостой влияет и на микроклимат территории, снижая температуру воздуха и поддерживая его влажность. Регулярное скашивание жизнеспособного травостоя способствует усиленному выделению фитонцидов и гибели болезнетворных микроорганизмов. Газонные травы выполняют фитомелиоративную функцию, поглощая из почвы и закрепляя в фитомассе тяжелые металлы, таким образом исключая их из оборота в городских экосистемах [10]. Нельзя не учитывать и психофизиологическое успокаивающее и расслабляющее воздействие газонов на человека [2].

Однако часто газоны выглядят непрезентабельно, имеют изреженное покрытие, проплешины, неоднородную окраску с желтыми пятнами засыхающих трав. Конечно, очевидная причина пожелтения травы – недостаток влаги, механическое повреждение и некачественная стрижка, но в ряде случаев подобное состояние могут спровоцировать и другие факторы. Поэтому при обустройстве и содержании городских территорий следует обращать внимание не только на биологические особенности растений, но и на взаимосвязь различных составляющих городских экосистем [4].

Неоднократно было отмечено, что при выполнении работ по озеленению и ландшафтному дизайну городским почвам уделяется мало внимания, практически не учитываются их агрохимические и агрофизические свойства [6, 7, 15, 18]. Между тем определение основных параметров экологического состояния почв с целью выявления их пригодности для озеленения является необходимым условием для поддержания хорошего и удовлетворительного состояния газонов и планирования обоснованных культуртехнических мероприятий. В настоящее время существуют критерии оценки пригодности городских почв как объектов ландшафтного дизайна для выращивания декоративных культур [14, 16].

Цель данной работы – определить основные свойства почв городских газонов разного качества и выявить причины неудовлетворительного состояния травостоя.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются смешанные образцы почв, отобранные из верхнего слоя газонов в городах Владивосток, Уссурийск и Спасск-Дальний в июне 2018 г. Содержание гумуса определяли методом И.В. Тюрина, рН солевой суспензии – потенциометрически, подвижные соединения фосфора и калия – по методу Кирсанова, плотность сложения – буровым методом, гранулометрический состав – методом раскатывания в шнур [1]. Качественное состояние газонов оценивали по МДС 13-5.2000¹.

Результаты

Исследования показали, что состояние газонного покрытия Владивостока, Уссурийска, Спасска-Дальнего во многом зависит от основных параметров почв, при этом причины неудовлетворительного состояния травяного покрова в городах Приморья различаются. Наиболее распространенные параметры свойств почв газонов (выборочно) приведены в табл. 1.

¹ МДС 13-5.2000. Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации.

Таблица 1

Основные свойства почв и оценка состояния газонов городов Приморья

Номер образца	Местоположение	Мощность гумусированного слоя, см	pH _{ксл}	Гумус, %	Подвижные элементы, мг/100 г почвы			Плотность сложения, г/см ³	Гранулометрический состав	Оценка состояния газонного покрытия*
					P ₂ O ₅	K ₂ O				
16	г. Владивосток Ул. Калинина	21	4,7	12,06	1,12	12,24	1,38	Средний суглинок	II	
24	Пр.100-летия Владивостока	8	6,7	2,69	10,30	11,68	1,53	Легкий суглинок	III	
47	Ул. Светланская	11	4,6	10,00	8,63	9,58	1,42	Средний суглинок	II	
53	Партизанский проспект	11	7,1	9,78	10,55	19,89	1,15	-«-	I	
55	Парк ДЮФ	7	3,9	14,25	2,44	24,27	1,24	Легкий суглинок	III	
38	г. Уссурийск Ул. Некрасова	9	6,5	11,95	71,55	53,1	1,56	Легкий суглинок	III	
64	Парк им. Чумака	18	6,1	8,00	11,76	26,3	1,18	Средний суглинок	I	
65	Парк «Зеленый остров»	23	5,8	5,6	9,90	31,7	1,22	-«-	I	
68	Парк ДЮРА	9	6,2	6,23	72,28	28,4	1,38	Легкий суглинок	III	
76	Владивостокское шоссе г. Спасск-Дальний	10	6,8	6,99	45,50	29,6	1,46	-«-	II	
1	Ул. Ершова	15	6,8	12,34	405,24	21,4	1,24	Средний суглинок	III	
6	-«-	11	6,8	14,52	710,71	18,05	1,18	-«-	III	
7	-«-	11	6,8	15,2	7,26	39,6	1,14	-«-	I	

* I – хорошее состояние (поверхность хорошо спланирована, травостой густой, однородный, равномерный, цвет интенсивно зеленый); II – удовлетворительное (поверхность газона с заметными неровностями, травостой не ровный с примесью сорняков, цвет зеленый); III – неудовлетворительное (травостой изреженный, неоднородный, окраска газона неровная, с преобладанием желтых оттенков, много плесни (МДС 13-5.2000)).

Мощность гумусированного слоя почв газонов с хорошим состоянием травяного покрова находится в пределах 11–23 см, что при среднесуглинистом гранулометрическом составе и оптимальной плотности сложения относится к категории «удовлетворительно», поскольку такая толща способна обеспечить нормальное развитие большинства нетребовательных к питанию трав (табл. 1). Кислотность характеризуется как близкая к нейтральной, нейтральная и благоприятная для выращивания газонных трав. Содержание гумуса достаточное, варьирует от среднего в почве городского парка Уссурийска до высокого в почве газона на территории административного здания в Спасске-Дальнем. Содержание доступного фосфора повышенное, подвижного калия – высокое и очень высокое. Подобные свойства указывают на высокое плодородие почв при благоприятных агрофизических показателях.

Почвы под газонами с удовлетворительным состоянием травяного покрова имеют мощность гумусированного слоя от 11 до 21 см, легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав и комковатую или порошисто-комковатую структуру. При этом степень уплотнения варьирует от слабой (ул. Калинина, Владивосток) до средней (ул. Светланская, Владивосток; Владивостокское шоссе, Уссурийск). При средней степени уплотнения происходит значительное снижение впитываемости и газообмена, активизируется поверхностный сток влаги, возможно проявление угнетения роста растений. Обменная кислотность характеризует почвы во Владивостоке как среднекислые, что указывает на удовлетворительное состояние для большинства травянистых растений, в Уссурийске – как нейтральные, что указывает на оптимальные условия. Содержание гумуса оценивается как среднее и выше среднего. Содержание доступного калия среднее и повышенное в почвах Владивостока, очень высокое в почвах Уссурийска. Содержание обменного фосфора во Владивостоке в образце 16 очень низкое, в образце 43 повышенное, в Уссурийске в образце 76 – крайне высокое.

Мощность гумусированного слоя почв газонов с неудовлетворительным состоянием травяного покрова значительно различается. Она совершенно недостаточна для нормального развития растений в почвах легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава во Владивостоке и Уссурийске и удовлетворительна в Спасске-Дальнем (при оптимальной плотности сложения). В образцах 24 (Владивосток) и 38 (Уссурийск) выявлено сильное уплотнение (вследствие вытаптывания) и плохая оструктуренность почв, что способствует угнетению роста растений вследствие анаэробнозиса, а также усиливает риск эрозии почв (выдувания и смыва). Значения рН солевого свидетельствуют об оптимальном уровне кислотности. Содержание гумуса очень низкое только в образце 24, в остальных оно варьирует от среднего до высокого. В этих почвах обнаружен крайне резкий дисбаланс в содержании элементов питания. Содержание доступного калия оценивается в пределах от среднего до очень высокого, недостатка в нем растения не испытывают. Содержание доступного фосфора в почвах газонов Владивостока низкое в образце 55, высокое в образце 24. В Уссурийске в образцах 38 и 68 отмечается сильная, в Спасске-Дальнем – сверхсильная зафосфаченность, данные почвы относятся к категории химически загрязненных [13]. Подобное крайне высокое содержание подвижного фосфора может возникнуть в почвах только при нерациональном внесении огромных доз фосфорных удобрений. В таких случаях возникает опасность проникновения фосфора в сопредельные среды – грунтовые и поверхностные воды, что вызывает эвтрофирование городских водоемов, в частности рекреационной зоны Уссурийска – оз. Солдатское [5]. Установлено также, что в водах рек Раздольная и Спасовка содержание растворенных форм фосфора в 2–4 раза выше, чем в водах малых рек, дренирующих залесенные малоосвоенные водосборы [20].

Фосфор – один из важнейших элементов для живых организмов, он принимает участие во многих физиологических и биохимических процессах, в частности, без него невозможен энергетический обмен. В растениях он в наибольшей степени концентрируется в репродуктивных органах и молодых интенсивно растущих частях растений, основное количество фосфора растения потребляют в первые фазы роста и развития [21]. Избыток

данного элемента в питании растений способен привести к их ускоренному развитию, преждевременному старению, что выражается в появлении некротических пятен, хлорозе листьев, общем пожелтении и гибели [25, 26]. Имеются сведения, что при содержании в почве подвижного фосфора в количестве более 45 мг/100 г существует вероятность возникновения дисбаланса элементов в питании растений. При этом возможно резкое снижение поступления в них кальция, магния, цинка, железа и марганца [9, 23, 24], что неминуемо приводит к нарушениям в развитии растений и даже к их гибели.

Экспериментально установлено, что применение высоких доз фосфорсодержащих удобрений вызывает снижение количества фитомассы газонных трав (табл. 2). При этом выявлено негативное воздействие и на другие составляющие биогеоценозов. При содержании в почве подвижных форм фосфора выше 32,5 мг/100 г в эукариотных и прокариотных почвенных микробных сообществах (грибных и бактериальных) происходят неблагоприятные изменения, что выражается в возрастании доли споровой биомассы в структуре микромицетов [22]. Для снижения негативного эффекта избыточного содержания фосфора в почвах рекомендуется листовая обработка газонов растворами, содержащими железо и цинк (внекорневая подкормка), а также внесение в почву FeSO_4 в качестве мелиоранта для перевода фосфат-ионов в слаборастворимую форму [24].

Таблица 2

Изменение некоторых химических показателей модельного почвогрунта в зависимости от содержания фосфогипса [22]

Содержание фосфогипса, %	Содержание доступного P_2O_5 , мг/100 г почвы	Фитомасса смеси газонных трав «Универсал», % контроля
0 (контроль)	13,2	100
1,1	16,3	135
3,3	27,5	179
7,5	32,5	80
14,7	40,5	70
25	97,0	65
100	286,0	40

Говоря о неудовлетворительном состоянии газонов, не стоит отбрасывать и такой фактор, как низкий уровень экологической культуры населения. Повсеместно водители транспортных средств позволяют себе заезды и парковку на озелененных участках, что ведет к уничтожению газона, механическому повреждению плодородного слоя и переуплотнению почв. Большинство жителей не утруждают себя уборкой продуктов жизнедеятельности при выгуле животных, не считая подобные действия загрязнением территории. Следует учитывать и тот факт, что большинство домашних животных в настоящее время питаются сухими кормами, содержащими значительное количество фосфора (жизненно необходимый элемент), при этом в суточной порции твердых выделений собаки содержание фосфора может достигать 3 г [11, 19]. Подобные «бомбочки» способны вызвать локальное загрязнение и отмирание растительности на газонах, появление на них желтых пятен.

Обязательным этапом благоустройства территории должна быть оценка экологического состояния почв. Создаваемый потенциально-плодородный почвенный слой должен иметь определенные, соответствующие существующим критериям параметры агрофизического и агрохимического состава [14, 16]. На озеленяемых участках требуется не просто нанесение на поверхность слоя торфа мощностью 5–7 см, который в дальнейшем может выгореть, быть развеян ветром в сухую погоду, а также смыт сильными ливнями. Необходимо сначала провести глубокое рыхление уплотненного минерального грунта с последующим дискованием нанесенного торфяного слоя со смесью газонных трав. Это позволит создать потенциально-плодородный слой почвы требуемой мощности и плотности, способный аккумулировать дополнительное количество влаги.

Заключение

Значительная часть газонов в городах Приморья имеет малопривлекательный вид. Одной из главных причин подобного состояния является недооценка важности параметров почвенного покрова городских территорий как базового компонента любого биоценоза. Большая часть обследованных участков имеет легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав и благоприятные для растительности параметры кислотности – слабокислую и близкую к нейтральной среду. Неудовлетворительное состояние травостоя может быть вызвано малой мощностью потенциально-плодородного слоя, значительным его уплотнением и низким содержанием гумуса. В ряде случаев отмечается сильная и сверхсильная зафосфаченность почв, способная привести к резкому нарушению жизненного цикла трав, преждевременному их отмиранию. В городах Приморья причины неудовлетворительного состояния травяного покрытия различаются: если во Владивостоке и Уссурийске газоны часто имеют малую мощность гумусового слоя и страдают от переуплотнения, то в Спасске-Дальнем встречается химическое загрязнение почв (сильное зафосфачивание).

Для создания и поддержания газонов в хорошем декоративном состоянии необходимо учитывать почвенный фактор. Только с помощью регулярного мониторинга можно своевременно выявить негативные изменения основных параметров состояния почвы и провести соответствующие мероприятия по улучшению качества почвенного покрова, а следовательно, обеспечить нормальное функционирование растительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Волкова Л.Б., Соболев Н.А. Разнотравный газон в современной концепции озеленения городов (на примере Москвы) // Лесн. вестн. 2015. № 5. С. 145–152.
3. Голубчиков С.Н. Пыль в Москве: что делать? // Энергия: экономика, техника, экология. 2013. № 7. С. 72–74.
4. Дорофеева Т.Б. Анализ состояния городских зеленых насаждений в Пушкинском районе Санкт-Петербурга // Биосфера. 2012. Т. 4, № 2. С. 158–166.
5. Жариков В.В., Преображенский Б.В., Вшивкова Т.С., Лебедев А.М., Медведева Л.А. Обоснование мер по восстановлению рекреационного потенциала озера Солдатского (г. Уссурийск, Приморский край): результаты комплексного исследования компонентов геосистемы // Исследования в области естественных наук. 2012. № 6. – <http://science.snauka.ru/2012/06/496> (дата обращения: 07.02.2019).
6. Жарикова Е.А. Оценка основных свойств почв лесных и парковых территорий города Владивостока // Вестн. Бурят. гос. с/х акад. им. В.Р. Филиппова. 2012. № 1. С. 40–46.
7. Жарикова Е.А. Эколого-геохимическое состояние почв рекреационных территорий Уссурийска // Вестн. ДВО РАН. 2014. № 5. С. 78–85.
8. Калманова В.Б. Экологический каркас урбанизированных территорий (на примере города Биробиджана) // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2016. Т. 18, № 2. С. 385–388.
9. Кудярова А.Ю. Фосфатогенная трансформация почв. М.: Наука, 1995. 288 с.
10. Куриная Л.В. Фитомелиоративная роль газонов в городских условиях // Стратегия развития регионов России. 2012. № 11. С. 141–143.
11. Левченко Ю.И. Влияние различных кормов на обмен веществ и рабочие качества служебных собак: автореф. дис. ... канд. с/х наук. Пос. Персиановский, 2016. 22 с.
12. Морозова Г.Ю., Дебеляя И.Д. Анализ проблем озеленения современного города (на примере Хабаровска) // Вестн. ДВО РАН. 2018. № 4. С. 38–48.
13. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матигян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164.
14. Пугина М.А. Влияние почвенно-грунтовых условий на состояние газона // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. 2007. № 7. С. 107–110.
15. Смагин А.В. Критерии и нормативы экологической оценки городских почвенных ресурсов // Экол. вестн. Северного Кавказа. 2008. № 4. С. 24–41.
16. Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В., Степанов А.Л., Мягкова А.Д., Курбатова А.С. Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением городских территорий // Почвоведение. 2006. № 5. С. 603–615.

17. Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Парахин Н.В. Газоноведение и озеленение населенных территорий. М.: Колос, 2002. 264 с.
18. Федоров И.Д. Трансформация почвенного покрова при формировании жилых массивов // Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 2006. № 1. С. 3–9.
19. Хенниг А. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1976. 560 с.
20. Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Перепелятников Л.В. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 4. С. 428–439.
21. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. М.: Колос, 2002. 584 с.
22. Яковлев А.С., Канискин М.А., Терехова В.А. Экологическая оценка почвогрунтов, подверженных воздействию фосфогипса // Почвоведение. 2013. № 6. С. 737–743.
23. DeForest J.L. Chronic phosphorus enrichment and elevated pH suppresses *Quercus* spp. leaf litter decomposition in a temperate forest // Soil Biol. Biochem. 2019. Vol. 135. P. 206–212.
24. Delorme T.A., Angle J.S., Coale F.J., Chaney R.L. Phytoremediation of Phosphorus-Enriched Soils // Int. J. Phytorem. 2000. Vol. 2, N 2. P. 173–181.
25. Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants. L.: Academic Press, 1995. 889 p.
26. Hawkins N.-J., Hettasch H., Mesjasz-Przybylowicz J., Przybylowicz W., Cramer M.D. Phosphorus toxicity in the Proteaceae: A problem in post-agricultural lands // Sci. Horticult. 2008. Vol. 117. P. 357–365.



Евгений Александрович Шекман

В 2009 г. окончил географический факультет Дальневосточного государственного университета. С 2009 по 2012 г. обучался в очной аспирантуре Тихоокеанского института географии ДВО РАН по специальности «Геоморфология и эволюционная география». Научным руководителем является доктор географических наук Б.И. Гарцман. С 2012 г. работает младшим научным сотрудником лаборатории гидрологии и климатологии ТИГ ДВО РАН. В сферу научных интересов входят моделирование географических систем и их компонентов на основе пространственных геоданных, натурные исследования процессов формирования стоков в горных районах Приморского края, а также на юге криолитозоны. Основные направления работы – структурно-

гидрографическое моделирование речных систем, разработка методов анализа структурной организации речных бассейнов, оценка геоморфологических условий функционирования и развития речных систем. Результаты исследований неоднократно представлялись на конференциях различного уровня.

УДК 556.06:556.166+551.4:571.6

DOI: 10.25808/08697698.2019.206.4.015

Е.А. ШЕКМАН

Развитие методов моделирования структуры речных бассейнов на основе средств ГИС

Рассматривается использование комплексного энергетического индекса (Complex Energy Index – CEI) в целях параметризации условий формирования речной сети и развития на его основе методов структурно-гидрологического анализа речных систем и пространственной организации главных структурных элементов речного бассейна, речной сети и сети водоразделов в рамках единой порядковой концепции. Использование CEI для моделирования речной сети было апробировано в широком спектре физико-географических условий. Для порядковой классификации водоразделов сформулирован принцип определения порядка на основе путей стока с водораздела до замыкающего створа по звеньям русловой сети разных порядков. Использование единой порядковой концепции делает возможным усовершенствование типизации частных водосборов в зависимости от порядка водораздела.

Ключевые слова: речная сеть, морфология бассейна, порядки водотоков, порядковая классификация водоразделов, структурно-гидрографический анализ, цифровая модель рельефа.

Development of methods of modeling the structure of river basins based on GIS tools. E.A. SHEKMAN (Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok).

This article discusses about using the Complex Energy Index (CEI) to parametrize the conditions for the formation of the river network and the development on its basis of methods of structural and hydrological analysis of river systems

ШЕКМАН Евгений Александрович – младший научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток). E-mail: shekman.e@gmail.com

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-05-00353).

and the spatial organization of the main structural elements of the river basin, river network and watershed network, in framework of a single ordinal concept. The use of CEI for modeling the river network was tested in a wide range of physical and geographical conditions. For ordinal classification of watersheds, the principle based on drainage paths from the watershed to the closing line along the links of the river network of different orders was formulated. The use of a single ordinal concept makes it possible to improve the typification of elemental water collections depending on the order of the watershed.

Key words: river network, catchment morphology, stream orders, order classification of watersheds, structural and hydrographic analysis, digital elevation model.

Введение

Ключевой вопрос современной гидрологии – прогнозирование процессов формирования стока с использованием широкого спектра гидрологических моделей, оперирующих различными наборами данных. Основным «полигоном» моделирования служит речной бассейн как одна из ключевых составляющих природного каркаса территории, обладающая высокой определенностью пространственных границ.

В результате развития – динамического, эволюционного, катастрофического – в бассейне обособилась и функционирует взаимообусловленная и взаимосвязанная система природных компонентов, в том числе рек и водоразделов, объединенная в единое целое как совместным развитием в одних орографических границах, так и потоками энергии и вещества [5]. Еще в XIX в. был высказан тезис о том, что тесно связанные водоразделы и тальвеги являются главными структурами рельефа [10], определяющими эти потоки. Исходя из данного положения, под моделированием морфологической структуры речного бассейна мы подразумеваем корректное выделение как речной сети, так и системы водоразделов.

Современные подходы к моделированию гидрографической сети средствами ГИС опираются на обработку цифровых моделей рельефа (ЦМР) с применением различного рода индексов, необходимых для параметризации условий существования постоянного водотока на основе разных критериев. Эмпирическая зависимость между площадью водосбора и аккумулируемым стоком стала основой для широкого применения такого параметра, как пороговая площадь водосбора. Используются также и другие, более сложные индексы, оперирующие дополнительными морфометрическими и литологическими характеристиками.

Построение сети водоразделов в нашем случае является сопряженной задачей, выполнение которой полностью зависит от возможности корректной реализации моделирования речной сети.

Материалы и методы

Использование различного рода критериальных индексов считается стандартным подходом при моделировании речных систем средствами ГИС. В формулу расчета включаются параметризованные характеристики географической среды. Сами индексы обладают значительной степенью вариации, в зависимости от сочетаний природных условий в разных расчетных точках. Путем калибровки устанавливают пороговое значение, характеризующее такой результат сочетания закодированных в формуле расчета условий географической среды, при котором происходит формирование первичных звеньев гидрографической сети. Такой подход имеет существенные недостатки, несмотря на впечатляющие результаты в отдельных случаях. Большую проблему представляет неоднородность данных, неоднозначность их кодирования, поэтому в формулу расчета индексов включают наиболее удобные в использовании характеристики, при этом сложными частными особенностями пренебрегают. Но даже самые точные расчеты при моделировании водосборных бассейнов имеют общий недостаток – невозможность корректного учета

тектонических и палеогеографических особенностей развития. На фоне этих неопределенностей и сложности кодирования многих факторов географической среды широкое применение в качестве критерия выделения водотоков 1-го порядка получила эмпирическая зависимость между площадью водосбора и объемом стока.

В исследовании [11] выполнен анализ применения различных формул индексов, на основе которого авторы предлагают общую формулу индекса в виде:

$$a = \beta Q^m \Delta z^n, \quad (1)$$

где a – индекс, Q – расход водостока, Δz – местный уклон, β , m и n – параметры. Для конкретизации формулы 1 используются площадь водосбора (A) в качестве эквивалента расхода водостока:

$$Q_i^* \propto A_i, \quad (2)$$

а также известный в литературе индекс энергии рельефа (E):

$$E_i^* \propto A_i \Delta z_i. \quad (3)$$

Рациональной формулой, учитывающей пространственную неравномерность увлажнения, представляется усовершенствованный вариант индекса энергии:

$$E_i^* T = A_i (P - ET) \Delta z_i. \quad (4)$$

Здесь вместо показателя расхода водостока используется произведение площади водосбора на разность величин среднегодовых осадков (P) и среднегодового испарения (ET). Эффективность данной формулы индекса показана в работе [1] на примере ландшафтно-неоднородного бассейна р. Комаровка площадью около 1500 км². Информация о среднегодовых осадках значительно полнее и надежнее, чем данные по стоку. Данные по испарению также могут быть получены почти повсеместно расчетным путем на основе метеорологических наблюдений.

Приведенная формула индекса энергии, или комплексного энергетического индекса (CEI – *Complex Energy Index*), обеспечивает независимый учет основных характеристик оборота тепла и влаги, что позволяет проводить элементарные модельные эксперименты по реагированию речной сети на климатические изменения [2].

Базовым компонентом при моделировании речной сети средствами ГИС выступает ЦМР-покрытие. В качестве исходной информации для создания ЦМР используются топографические карты, аэрофотоснимки, космические снимки в оптическом и радиолокационном диапазонах спектра, данные воздушного лазерного сканирования, альтиметрической съемки, спутниковых систем позиционирования, нивелирования и другая геодезическая информация [6].

Выбор ЦМР основывается на задачах и масштабах выполняемых работ. Особую популярность при решении задач гидрологического моделирования получили глобальные ЦМР-покрытия SRTM и ASTER благодаря своей доступности и возможности их применения для большей части земной поверхности.

При подготовке ЦМР проводится предварительное перепроецирование раstra в картографическую проекцию, обеспечивающую наилучшее воспроизведение метрических характеристик речных систем и водосборных бассейнов. В зависимости от масштаба работ и пространственного разрешения исходных данных выбирается оптимальный размер квадратной ячейки раstra.

Для апробации методики моделирования структуры речного бассейна на основе CEI использовалось глобальное ЦМР-покрытие на основе данных SRTM 3 (<http://srtm.csi.cgiar.org/>) с разрешением 3". Фрагменты покрытия были перепроецированы в равновеликую коническую проекцию Альберса с передискретизацией размеров ячейки раstra в 75 × 75 м.

Выбор исходных данных для расчета слоя осадков и испарения зависит от размеров моделируемого бассейна и плотности наземной сети наблюдения за метеорологическими характеристиками. В хорошо освоенных районах с высокой плотностью сети метеостанций целесообразно использовать растры распределения осадков и испарения, полученные на основе интерполяции данных многолетних наблюдений. При недостаточной обеспеченности метеорологическими данными в слабоизученных районах можно применять интерполированные данные с климатических карт или же цифровые глобальные растровые покрытия. Все данные подвергаются проецированию и дискретизации в соответствии с используемым ЦМР-покрытием.

Для получения фактических характеристик и пространственной привязки существующей речной сети выполнялась ручная оцифровка объектов гидрографии с топографических карт масштаба 1 : 100 000 с выделением речной сети в виде древовидного графа. Сформированный образ реальной речной сети использовался для визуального и статистического сравнения метрических характеристик с результатами, полученными на основе моделирования.

Для реализации модельных построений и расчетов использовался ГИС-пакет ArcMap.

Моделирование структуры речной сети и водоразделов

В качестве методической основы для моделирования речной сети было протестировано использование комплексного энергетического индекса, который представляет собой функцию от климатического стока и морфометрических условий рельефа в каждой точке бассейна. CEI обеспечивает независимую параметризацию геоморфологических и гидроклиматических условий формирования речной сети [1]. Учет геологических и литологических условий осуществляется путем калибровки оптимального порогового значения CEI, тем самым достигается максимальное соответствие реальной речной сети, полученной путем ручной оцифровки по топографическим картам масштаба, сопоставимого с разрешением используемой ЦМР.

Исходным этапом моделирования структуры бассейна в ГИС выступает расчет раstra распределения значений индекса с последующим выделением на его основе речной сети и водоразделов.

Расчет раstra распределения значений индекса выполняется по формуле 4. Перед расчетом направлений стока исходная ЦМР подвергается процедуре заполнения локальных бессточных понижений при помощи инструмента Fill (Заполнение) группы инструментов Spatial Analyst/Hydrology (Пространственный анализ/Гидрология). Локальные понижения заполняются для обеспечения более корректного выделения направлений стока и, как следствие, водосборных бассейнов и водотоков. Если локальные понижения не заполнены, выделенная дренажная сеть может иметь разрывы. Локальные понижения зачастую представляют собой небольшие ошибки, связанные с разрешением данных или округлением высот до ближайшего целого значения.

Полученное в результате обработки ЦМР-покрытие используется для расчета направлений стока инструментом Flow Direction (Направление стока) группы инструментов Spatial Analyst/Hydrology методом D8, при котором из каждой ячейки моделируется направление стока до соседней ячейки, расположенной вниз по склону с максимальным уклоном. Заполнение локальных понижений на предварительном этапе является необходимым условием для получения корректного раstra распределения направлений стока.

Выражение $(P-ET)$ в формуле 4 представляет собой климатический сток и рассчитывается как простая разность двух растров – распределения осадков и испарения – инструментом Raster Calculator группы инструментов Spatial Analyst/Map Algebra.

Инструмент Flow Accumulation (Суммарный сток) группы инструментов Spatial Analyst/Hydrology использует полученный на предыдущем этапе растр распределения

направлений стока и вычисляет суммарный сток как взвешенную сумму всех ячеек, сток из которых попадает в каждую ячейку вниз по склону выходного растра. Если не предоставлено растра весов, каждой ячейке назначается вес 1, а значение ячеек выходного растра равно количеству ячеек, выпадающих в каждую последующую ячейку. Данный принцип положен в механизм вычисления площади водосбора.

Если использовать полученный на предыдущем этапе растр ($P-ET$) в качестве параметра веса (weigh raster) в каждой точке исходного растра, то в результате процедуры получается слой значений суммарного климатического стока в каждой точке растра, эквивалентный записи $A_i(P-ET)$ в формуле 4. Недостающее значение Δz_i рассчитывается при помощи инструмента Slope (Уклон) группы инструментов Spatial Analyst/Surface. Выходной растр уклонов может быть вычислен в двух единицах измерения – градусах или процентах. Для простоты расчеты целесообразно вести в процентах. Инструмент работает на основе данных о высотах. Для сохранения единообразия обрабатываемой информации вместо исходной ЦМР рекомендуется использование результата ее обработки процедурой Fill (Заполнение). Инструмент подбирает плоскость для значений из области размером 3×3 ячейки вокруг обрабатываемой или центральной ячейки. Значение уклона этой плоскости вычисляется с помощью методики усредненного максимума.

Вычисление растра распределения значений СЕИ выполняется инструментом Raster Calculator путем перемножения значений растра суммарного климатического стока на растр уклонов. При этом обе перемножаемые величины переводятся в метрическую систему: локальный уклон – из процентов в доли простым делением на 100, а климатический сток – в кубические метры.

Построение модели речной сети. Модель структуры речной сети строится путем задания порогового значения индекса с использованием инструмента Raster Calculator при помощи функции Con (Условие). В результате выделяются ячейки растра со значениями СЕИ больше заданного. Так, при расчете индекса в качестве одного из множителей берется уклон с нулевым значением в тальвегах водотоков на отдельных ячейках растра, поэтому возникают большие локальные вариации индекса, которые обуславливают разрывы в полученной растровой модели. Это не позволяет использовать ее напрямую для создания связанной векторной модели, как в случае с заданием пороговой площади водосбора. Устранение разрывов осуществляется путем задания полученного растра в качестве «веса» при применении инструмента Flow Accumulation.

Результат суммирования обрабатывается инструментом Set Null (Установить Null) группы инструментов Spatial Analyst/Conditional с заменой всех ячеек, не равных нулю, на единицу. В результате получаем связанный растр моделированной речной сети, в которой первичные водотоки начинаются от точек, где впервые (по линии стока) значение СЕИ превысило заданное.

Полученный растр представляет собой модель линейной сети водотоков, в отношении которой последовательно применяется стандартный набор группы инструментов Spatial Analyst/Hydrology – Stream Link (Идентификация отдельных сегментов водотоков), Stream Order (Определение порядков), Stream to Feature (Преобразование в пространственный объект).

Подбор оптимального значения индекса. Приведенный выше перечень процедур обработки растра распределения значений СЕИ является стандартным набором инструментов ГИС-пакета ArcMap с возможностью запуска при помощи Model Builder данной последовательности действий в автоматическом режиме итерации значений индекса для подбора оптимального значения (рис. 1).

При калибровке полученная в результате ручной оцифровки гидрографии с топографических карт масштаба 1 : 100 000 речная сеть сравнивалась с моделируемой по визуальным критериям (пространственное положение речной сети и основных узлов слияния, густота) и статистическим характеристикам: общему числу звеньев речной сети (общему числу водотоков 1-го порядка; суммарной протяженности речной сети; суммарной

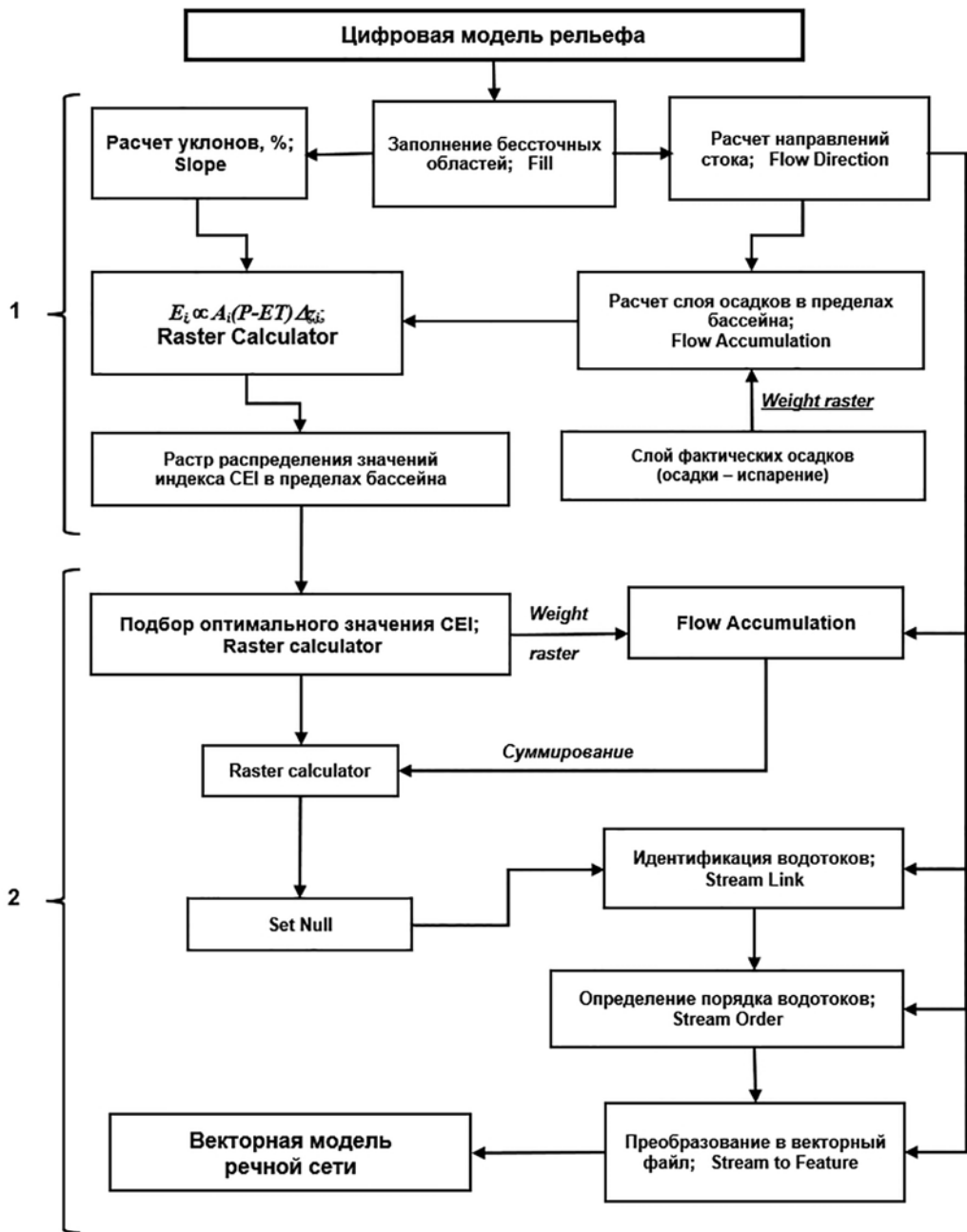


Рис. 1. Блок-схема моделирования речной сети с использованием CEI (блок 1 – расчет растра распределения значений индекса, блок 2 – калибровка оптимального порогового значения)

протяженности водотоков 1-го порядка). Оптимальным признается значение индекса, при котором отклонение параметров моделируемой речной сети от статистических характеристик реальной сети минимально.

Если при визуальном сопоставлении выявляются участки речного бассейна с существенными различиями густоты речной сети, несовпадением порядковой структуры, то, как правило, такие различия обусловлены значительными неоднородностями геологического и морфотектонического строения. Данные особенности не учитываются формулой

расчета индекса. Указанные характеристики, наряду с палеогеографическими особенностями развития, представляют существенные трудности для корректного моделирования структуры речной сети, и возможности их параметризации или же математического описания взаимосвязи с процессами формирования стоков средствами ГИС-технологий остаются неопределенными. В подобных случаях проблема получения корректной модели речной сети решается путем независимой калибровки геологически однородных областей речного бассейна.

Моделирование водоразделов и их классификация. Речная сеть и водоразделы являются структурообразующими компонентами природно-экологического каркаса речного бассейна. Моделирование корректной структуры водоразделов находится в тесной взаимосвязи с возможностью корректного воспроизведения структуры речной сети.

Речной бассейн как целостная геоморфологическая система рассматривается в работах Р. Хортон [8] и А. Шоллея [9]. Традиционные методы определения порядка водораздельных линий и анализа их структурной организации были предложены В.П. Философовым [7] и базировались на использовании разномасштабных топографических карт.

Применение ЦМР для моделирования сети водораздельных линий облегчает данную задачу, но при этом, в отличие от моделирования речной сети, отсутствует единообразие подходов как к самому моделированию, так и к построению порядковой классификации. Прежде всего, не существует общепринятого программного средства для выделения сети водораздельных линий. Кроме того, использование традиционной классификации при определении порядка водораздельных линий аналогично порядку речных долин не совсем корректно, так как гидрографическая и водораздельная сети являются принципиально разными объектами не только в плане физико-географических особенностей, но и по своей структуре. В отличие от водотоков, каждый из которых естественным образом связан с собственным водосбором, тот или иной участок водораздела в общем является границей многих вложенных друг в друга водосборов разных размеров и порядков.

В качестве альтернативы традиционному подходу предлагается порядковая классификация водоразделов Хортон–Стралера на основе последовательности пути стока по гидрографической сети от водораздела до замыкающего створа. Например, порядковая последовательность для водораздела бассейна реки 5-го порядка в виде $x_5 - x_4 - x_3 - x_2 - x_1$ будет означать водораздел 5-го порядка, сток с которого проходит через речную сеть всех возможных порядков, а последовательность $x_5 - x_0 - x_0 - x_2 - x_1$ будет соответствовать водоразделу реки 2-го порядка, впадающей, минуя водотоки 3- и 4-го порядков, в главную реку 5-го порядка. Таким образом обеспечивается обоснованное соответствие структуры и порядковой классификации гидрографической и водораздельной сетей [3].

Построение сети водоразделов реализуется посредством ряда технических приемов, позволяющих обеспечить принцип их порядковой классификации, сопряженный с порядковыми характеристиками соответствующей им речной сети. Исходным материалом для построений выступает растровая древовидная модель речной сети, полученная и откалиброванная по оптимальному значению CEI.

Для сохранения как уникального идентификатора, так и порядковой характеристики при последующем построении частных водосборов значение индекса порядка сначала умножается на 10^n , где n превышает разрядность максимального идентификатора сегментов речной сети, а затем суммируется с растром, где каждый сегмент речной сети имеет уникальный идентификатор. Данная процедура легко выполняется при помощи Raster Calculator. В ячейках результирующего растра получают значения сводного индекса, содержащего как индивидуальный номер водотока, так и его порядок. Например, значение 6001962 означает, что ячейка принадлежит водотоку номер 1962, имеющему 6-й порядок по Хортону–Стралеру. Индекс данного вида с использованием инструмента Extractly Attribute (Извлечь по атрибутам) группы инструментов Spatial Analyst/Extraction (Пространственный анализ/Извлечение) позволяет последовательно вычленить наборы отдельных сегментов речной сети каждого порядка. Полученные растры последовательно

используются в качестве замыкающих створов для инструмента Water Shed (Водосборная область) группы инструментов Spatial Analyst/Hydrology.

Получаются растровые мозаики частных водосборов, каждый частный водосбор наследует значение сводного индекса связанного с ним водотока, которое помещается в каждую ячейку соответствующего частного водосбора.

Выделение граничных (приводораздельных) ячеек раstra частных водосборов производится с помощью инструмента Focal Statistics (Фокальная статистика) группы инструментов Spatial Analyst/Neighborhood (Пространственный анализ/Окрестность), позволяющей получить суммы значений всех ячеек, непосредственно прилегающих к заданной. Так как ячейки, принадлежащие одному частному водосбору, содержат одинаковые значения, то для всех внутренних ячеек этого водосбора результат применения процедуры будет давать одни и те же значения, а для всех ячеек на границах с соседними водосборами – другие значения. Это дает возможность различить и с помощью инструментов Spatial Analyst/Map Algebra/Raster Calculator и Spatial Analyst/Conditional/Set Null отделить ячейки, расположенные в непосредственной близости к водоразделам.

Обработка выполняется последовательно для растровых мозаик частных водосборов каждого порядка. Далее полученные растровые данные подвергаются процедуре Spatial Analyst/Reclass/Reclassify с присвоением приводораздельным ячейкам значений $N \cdot 10^{N-1}$, где N – порядок растровой мозаики частных водосборов. Например, все приводораздельные ячейки частных водосборов 1-го порядка получают значение 1, 2-го порядка – значение 20, 3-го порядка – значение 300 и так далее. Всем остальным ячейкам присваивается значение 0 для обеспечения возможности корректного суммирования полученных растровых данных при помощи Spatial Analyst/Map Algebra/Raster Calculator.

Результаты и обсуждение

С использованием комплексного энергетического индекса была смоделирована и откалибрована речная сеть для 16 бассейнов, расположенных в широком диапазоне климатических и геоморфологических условий в пределах юга Дальнего Востока [3]. Для калибровки значений и визуального сопоставления результатов применялся векторный слой, полученный путем оцифровки речной сети, отраженной на карте масштаба 1 : 100 000, что сопоставимо с разрешением используемой ЦМР.

При сравнении полученных моделей с реально существующей речной сетью установлен ряд закономерностей, которые позволяют говорить об отдельных доминирующих факторах развития речной сети на определенных участках. Эти факторы носят, как правило, исторический характер и демонстрируют несостоятельность математических подходов к моделированию в рамках длительной эволюции физико-географического объекта.

Несоответствие модели реальной гидрографической сети имеет отчетливую корреляцию с участками перестройки речной сети в прошлом. Ввиду того что существуют значительные различия в интенсивности воздействия тех или иных факторов формирования речной сети во времени, а речная сеть является унаследованным результатом условий прошлого, модель во многом характеризует современные тенденции ее развития. При этом моделируемая речная сеть демонстрирует высокую степень соответствия структуры и планового положения основных узлов слияния в пределах равновесных речных бассейнов.

Использование в формуле расчета индекса климатического стока позволило существенно нивелировать расхождения, связанные с неоднородностью ландшафтных и климатических условий в пределах бассейнов.

На основе моделей речной сети на примере нескольких речных бассейнов была протестирована предложенная методика порядковой классификации.

Использование полученных последовательностей в чистом виде представляет определенную сложность ввиду наличия большого числа вариаций. Так, для речного бассейна

n -го порядка число вариантов последовательностей будет равно $2^n - 1$. Для бассейна 8-го порядка это дает 255 теоретически возможных комбинаций, поэтому порядок n присваивается участку водораздела, принадлежащему полной водораздельной линии бассейна n -го порядка при условии, что путь «добегания» от него до водотока n -го порядка является «полным», минуя все промежуточные порядки.

Полученная сеть водоразделов показывает, что водоразделы старшего порядка, несмотря на их сегментированность на некоторых участках, отчетливо оконтуривают отдельные области речных бассейнов, однородные по характеру рельефа, уклонов, геологическому строению, рисунку гидрографической сети. Другой важной особенностью сегментированности водораздела старшего порядка, как в случае бассейна р. Усури (рис. 2), является то, что в прошлом на участках крупных разрывов происходили существенные плановые перестройки речной сети с перераспределением стока в пользу противоположного макросклона [4].

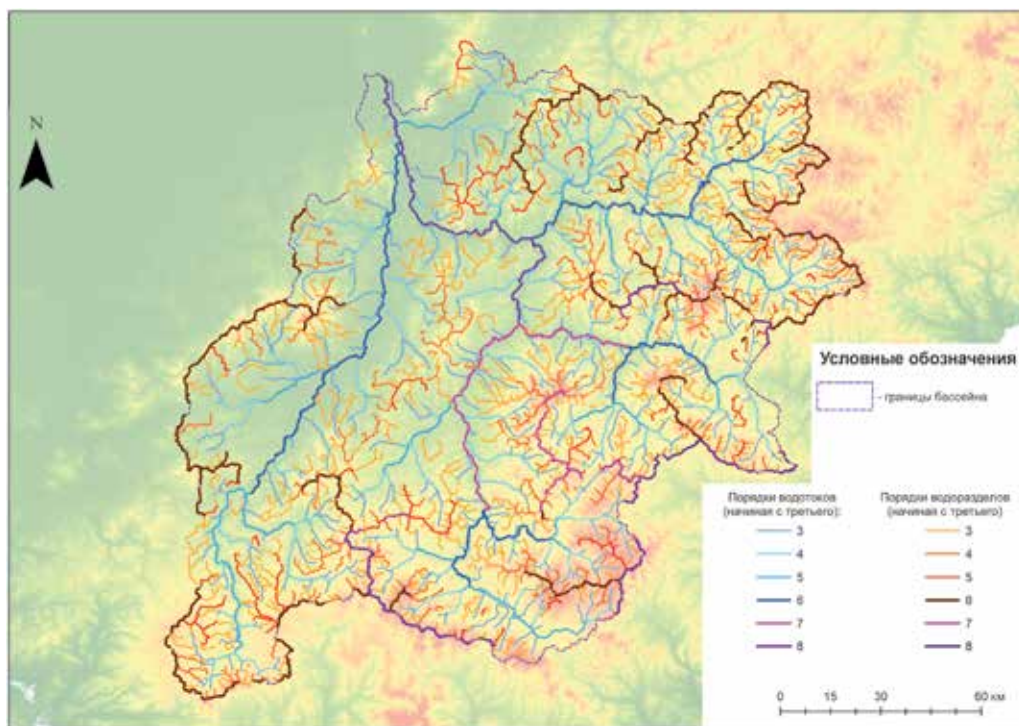


Рис. 2. Порядковая структура речной сети и водоразделов старших порядков бассейна р. Усури

Описание речной сети и водоразделов в рамках единой порядковой концепции позволяет использовать порядковые характеристики водоразделов для уточнения типизации частных водосборов одного порядка.

Выводы

Предлагаемая формула расчета комплексного энергетического индекса, используемого для построения цифровых моделей речной сети, не учитывает в явном виде литологические и геологические особенности территории, в связи с чем возникают сложности при реализации моделей для крупных неоднородных речных бассейнов. В этом случае необходимы отдельное зонирование речного бассейна и независимая калибровка для разных его частей. Данное обстоятельство не представляет существенной проблемы, так как все

построения реализованы в рамках единого программного алгоритма и не требуют больших трудозатрат на подготовку. Предлагаемый индекс обеспечивает удовлетворительные результаты построений для всех речных бассейнов и имеет перспективы для дальнейшего использования с применением дополнительных наборов геоданных.

Также перспективным представляется использование видоизмененного слоя осадков как одного из инструментов прогноза поведения эрозионной сети при разных климатических сценариях.

Процедура выделения и классификации водоразделов требует дополнительной отладки в связи с невозможностью полной автоматизации. Дополнительная сложность заключается в использовании в качестве основы растра, на котором система водоразделов представлена в виде приводораздельных пикселей, лежащих на границах разных бассейнов. Достаточно часто подобные водоразделы имеют разный порядок по разные стороны, и с их классификацией возникают определенные трудности.

Разработка и использование взаимосвязанной порядковой классификации водотоков и водоразделов позволяют уточнить особенности иерархической организации частных водосборов речного бассейна и осуществить более детальную типизацию частных водосборов с использованием порядка водораздела, который характеризует его морфологические и функциональные особенности. На этой основе можно усовершенствовать параметризацию пространственно распределенных гидрологических моделей, особенно в слабоизученных регионах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарцман Б.И. Анализ геоморфологических условий формирования первичных водотоков на основе цифровых моделей рельефа // География и природ. ресурсы. 2013. № 1. С. 136–147.
2. Гарцман Б.И., Шекман Е.А. Возможности моделирования речной сети на основе ГИС-инструментария и цифровой модели рельефа // Метеорол. и гидрология. 2016. № 1. С. 86–98.
3. Гарцман Б.И. и др. Порядковая классификация речных водоразделов на основе обработки цифровых моделей рельефа // География и природ. ресурсы. 2016. № 4. С. 164–173.
4. Короткий А.М., Коробов В.В. Перестройка речных систем и устойчивость водосборных бассейнов Сихотэ-Алиня // Изменения климата, природные катастрофы и становление ландшафтов юга Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 55–68.
5. Короткий Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск.: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. 163 с.
6. Пьянков С.В., Шихов А.Н. Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. 148 с.
7. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратов. гос. ун-та, 1975. 232 с.
8. Хортон Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М.: ИЛ, 1948. 156 с.
9. Шоллей А. Структурная и климатическая геоморфология // Вопросы климатической и структурной геоморфологии. М.: Иностр. лит., 1959. С. 11–31.
10. Cayley A. On contour and slope lines // London, Edinburgh and Dublin Philosoph. Mag. and Journ. Sci. 1859. Vol. 18, № 4. P. 264–268.
11. Rodrigues-Iturbe I., Rinaldo A. Fractal River Basin. Chance and self-organization. Cambridge: Univ. Press, 1997. 547 p.

А.А. ХИСАМУТДИНОВ

Первые научные обмены: к 135-летию создания Общества изучения Амурского края

Описывается начальный этап научного сотрудничества Дальневосточного региона с научными учреждениями России и за границы (конец XIX–начало XX в.). Первые научные обмены изданиями и коллекциями на российском Дальнем Востоке начались в 1884 г., когда было создано Общество изучения Амурского края (ОИАК), первая научно-общественная организация в регионе.

Ключевые слова: научный обмен, обмен коллекциями, Общество изучения Амурского края, история науки, Ф.Ф. Буссе.

The first scientific exchanges: to 135 anniversary of the Amur Region Research Society.
A.A. KHISAMUTDINOV (Central Scientific Library, FEB RAS, Vladivostok).

The article describes the initial stage of scientific cooperation of the Far Eastern Region with scientific institutions in Russia and abroad (the end of the 19th – the beginning of the 20th centuries). The first scientific exchanges of publications and collections in the Russian Far East began in 1884, when the Amur Region Research Society (ARRS), the first scientific and public society in the region was founded.

Key words: scientific exchange, exchange of collections, the Amur Region Research Society, history of science, F.F. Busse.

Обмен научными изданиями – одно из важнейших условий занятия наукой. В этом году исполняется 135 лет первой научно-общественной организации, которая стала пионером в региональном обмене научной литературой и коллекциями.

3 января 1884 г. в помещении Владивостокской прогимназии состоялось учредительное собрание нового общества. Большинство голосов было решено создать во Владивостоке Общество изучения Амурского края (ОИАК). В первой статье устава, утвержденного 18 апреля 1884 г., отмечалось: «Общество имеет целью всестороннее изучение р. Амура, русского побережья Восточного океана и сопредельных местностей и ознакомление с ними посредством собрания коллекций и разных сведений по всем отраслям естествознания, географии, этнографии и археологии и научной разработки собранных материалов, равно посредством составления библиотеки из сочинений об указанном крае, не ограничиваясь какой-либо специальностью» [17, с. 1]. Так на российском Дальнем Востоке начались разнообразнейшие по широте и исключительно важные по значению научные исследования.

Особую роль в деятельности ОИАК сыграл заведующий Переселенческим управлением Федор Федорович Буссе (1838–1896). Как любитель он занимался библиографией, археологией и этнографией. Буссе старался приохотить к делам нового Общества и своих помощников. Одним из них был будущий адъюнкт Академии наук Федор Дмитриевич

ХИСАМУТДИНОВ Амир Александрович – доктор исторических наук, заведующий отделом научно-исследовательской работы (Центральная научная библиотека ДВО РАН, Владивосток). E-mail: khisamut@yahoo.com

(Эдуардович) Плеске (1858–1932), окончивший в 1882 г. Санкт-Петербургский университет и имевший степень кандидата естествознания. Еще живя во Владивостоке, Ф.Д. Плеске увлекся зоологией. Приехав в Санкт-Петербург, он устроился на должность ученого хранителя Зоологического музея Академии наук (с 1 янв. 1886 г.). Он же способствовал получению из Владивостока научных изданий, а в дальнейшем сыграл большую роль в обменной программе между Российской академией наук и ОИАК.

Вскоре в Обществе стали накапливаться научные коллекции, формировалась библиотека. «В собирании библиотеки, – отмечалось в первом отчете, – без сомнения окажут для нас великую помощь сношения, которые распорядительный комитет завел с учеными обществами и университетами» [1, с. 6]. Результаты археологических находок в с. Никольское (ныне г. Усурийск) 1884–1886 гг. отправились в Императорскую археологическую комиссию. В ответном письме отмечалось: «Императорская археологическая комиссия считает своим долгом принести комитету искреннейшую благодарность за сообщение этих весьма интересных сведений и вместе с этим уведомляет его, что она со своей стороны не встречает препятствия к дальнейшему производству местных археологических раскопок, с тем, конечно, условием, чтобы работы эти производились лицами научно подготовленными для подобных исследований и с соблюдением выработанных для этого приемов и правил» (Архив ОИАК (АОИАК). Ф. 1. Оп. 1. Д. Сообщения распорядительного комитета Общества о проведении членами Общества археологических работ. Л. 30). С этой целью во Владивосток была отправлена соответствующая инструкция. Так Общество впервые получило Открытый лист на производство археологических работ.

Если в первые месяцы существования библиотеки Общества ее фонды формировались в основном дарами, то затем сюда стали регулярно приходить посылки с книгами и журналами из Санкт-Петербурга, Москвы, Новороссийска, Иркутска и других городов, где, узнав об учреждении новой просветительской организации на берегах Тихого океана, сразу



Бывшее здание музея Общества изучения Амурского края (в настоящее время Музей Города Приморского государственного музея им. В.К. Арсеньева). Владивосток, ул. Петра Великого, д. № 6. Современный снимок

же захотели наладить с ней научные связи. Самым первым научным обществом, которое начало обмен с владивостокскими энтузиастами, стало Московское общество любителей естествознания, антропологии и этнографии. В свою очередь, из ОИАК были отправлены гербарий морской флоры Шантарских островов и небольшая археологическая коллекция в Санкт-Петербургский университет, ушли посылки в Новороссийский университет и в Московское общество естествоиспытателей.

В 1886 г. ОИАК в числе первых иностранных ученых посетил китайский генерал Уда Чен. Об этом событии сообщалось так: «Музей Общества был посещен им в бытность его во Владивостоке, и комитет позволил себе преподнести его превосходительству часть дуплетов коллекции каменных орудий. Генерал ответил обществу присылкой своего сочинения о древних надписях и письмом на имя председателя, в котором, между прочим, просил Общество снабжать его снимками со всех древних надписей, которые будут находимы Обществом в районе его деятельности» [2, с. 10–11]. Китайский ученый увез с собой и издания ОИАК.

Ф.Ф. Буссе считал, что Обществу не обойтись без издания собственных трудов, которые являются необходимым условием для научного обмена. В первые же годы были изданы на средства автора работы Ивана Павловича Надарова (1851–1922), а также отчет ОИАК за 1884 г. Вскоре из Петербурга прибыл литографический станок, который установили прямо на квартире Буссе. Теперь Общество получило возможность быстро печатать результаты исследований и другие материалы. Несмотря на огромные заботы по строительству здания музея, деятели Общества решили издавать свои «Записки». Их содержание должно было включать: «а) доклады и сообщения в общих собраниях, б) отдельные заметки и монографии, в) списки документов по истории края, г) сведения библиографические о научных сочинениях и записки о вышедших книгах по Амурскому краю, д) протоколы и отчеты общих собраний и комитета, сведения о деятельности членов Общества



Зал заседаний Общества изучения Амурского края. Около 1910 г. Из архива Общества изучения Амурского края

и программы для работ» [12, с. 5]. Первый том появился в октябре 1888 г. В предисловии к нему было сказано: «Сообразно с целью Общества Записки будут заключать в себе вообще материалы, касающиеся разных отраслей изучения края в виде ли научных работ, или заметок, или монографий. В них могут быть помещены и работы лиц, не принадлежавших к составу Общества» [9, с. 2]. Выход в свет «Записок» не остался незамеченным. Позднее отмечалось, что «Записки Общества были встречены везде с полным сознанием их необходимости как издание, имеющее целью дать строго беспристрастные, правдивые материалы к изучению далекого и малоизвестного еще края. Общество получило довольно много приглашений на обмен изданиями и несколько требований о высылке первого тома Записок» [3, с. 6].

Несмотря на то что исследования членов Общества чаще всего были далеки от их служебных интересов и уделялось им свободное время, результаты научных поисков были весьма высокими. В своем докладе об исследованиях месторождений угля Василий Павлович Маргаритов (1854–1916) сделал вывод, что «все эти выходы составляют один общий пласт, что подтверждается однородностью пород, сопровождающих уголь и характер напластования» [5, с. 6]. Краевед отправил собранную коллекцию в Санкт-Петербург, на нее обратил внимание геолог Дмитрий Львович Иванов (1846–1924). Иванов провел короткое время в Южно-Уссурийском крае, исследовав Сучанское каменноугольное и Ольгинское железнорудное месторождения (1888–1893). «На основании своих исследований Д.Л. Иванов подтвердил открытия В.П. Маргаритова на полуострове Муравьева-Амурского, указал на распространение триасовых отложений на острове Русском и впервые разобрал стратиграфию осадочных пород данного района» [4, с. 14].

18 апреля 1894 г. владивостокские энтузиасты науки торжественно отмечали первое десятилетие деятельности ОИАК. «Пользуясь вначале скромным помещением, – писал В.П. Маргаритов, – так любезно уступленным нам прогимназией, теперь мы владеем домом в 30 тысяч, который может удовлетворить на ближайшее будущее всем потребностям музея и библиотеки. Собранные в музее коллекции, конечно, нельзя признать достаточно полными для характеристики природы и населения края, напротив, на пополнение их придется еще потрудиться многие годы многим работникам» [11, с. 10].

Видный русский ученый академик и профессор зоологии Одесского университета Владимир Владимирович Заленский (1847–1918) был избран членом-соревнователем ОИАК (1895) за неоднократные бескорыстные консультации исследователей из Владивостока. О таких консультантах в отчете общества отмечалось: «...потребность в деятельности Общества в намеченных им целях из года в год настолько расширяется, что удовлетворить его существующими средствами Общества и научными силами нет никакой возможности. Не только растут местные запросы, но и Общество отовсюду получает самые разнообразные просьбы. Вот почему комитет прежде всего обращается к членам Общества по мере сил изыскивать новые средства как материальные, так и интеллектуальные для удовлетворения этих запросов. Как много может сделать каждый отдельный член! В истории Общества имеется достаточно примеров, известных всем, кто сколько-нибудь считает своим нравственным долгом принести посильный труд делу изучения края» [13, с. 1]. С 1897 г. В.В. Заленский руководил Зоологическим музеем Петербургской Академии наук, в который деятели ОИАК передавали дубликаты своих коллекций.

Насыщенная обменная программа способствовала и получению средств на новые исследования. Постепенно в Обществе изучения Амурского края формировалась идея организации систематических наблюдений за биологией моря. Большим энтузиастом в деле создания морской станции стал председатель ОИАК врач Николай Константинович Эпов (1851–1911). Выйдя в отставку и уезжая в Санкт-Петербург, он обещал коллегам помочь в столице собирать средства. Распорядительный комитет передал ему следующее письмо: «Вполне сочувствуя благому предложению Вашему об учреждении при Обществе изучения Амурского края зоологической станции, Комитет общества в заседании своем от 2 его июля [1897 г.] постановил: открыть подписку в пользу названной станции и затем внести

в общее собрание предложение о наименовании капитала для поддержки деятельности зоологической станции при Обществе изучения Амурского края – капиталом Н.К. Эпова в память долголетней деятельности на пользу изучения Амурского края» [7, с. 5].

Островной лесничий Николай Александрович Пальчевский (1862–1909) тем временем начал работу по созданию станции. Вначале он организовал маленькую лабораторию в двух полуподвальных комнатках. Постепенно собиралась литература по морской биологии. Не хватало только исследовательского судна, с которого можно было бы вести систематические наблюдения. Неожиданная помощь энтузиастам пришла из Санкт-Петербурга. Императорское Русское географическое общество решило послать на Дальний Восток Кореиско-Сахалинскую экспедицию, которую возглавил магистрант зоологии Петр Юльевич Шмидт (1872–1949), приехавший во Владивосток 7 февраля 1900 г. Цели экспедиции были предельно просты, но и обширны: исследование моря в зоологическом и гидрологическом отношениях, собирание коллекций фауны и флоры, а также этнографические наблюдения.

Вернувшись в Санкт-Петербург, Шмидт старался содействовать Обществу в организации станции. С этой целью он выступил в декабре 1901 г. с докладом на 11-м съезде естествоиспытателей и врачей, призвав научное сообщество помочь Владивостоку. В одном из своих писем ученый писал: «Несмотря на то что немедленно по приезде в Петербург мне пришлось окунуться в целое море хлопот, я все же не забываю Восток и того радушного приема, который был мне оказан Обществом во Владивостоке. Дела Общества меня живо интересуют – тем более, что мыслями я все время на восточной окраине – приходится постоянно и говорить, и сообщать, и писать о ней, и думать!» (АОИАК. Ф. 1. Оп. 1. Д. Переписка с ИРГО постоянной сейсмической комиссией. Л. 17 об.).

Очень много исследований по изучению морской флоры провел во Владивостоке зоолог и врач Александр Александрович Бунге (1851–1930). После окончания в 1878 г. медицинского факультета Дерптского университета он защитил докторскую диссертацию (декабрь 1880 г.). В составе экспедиции ИРГО (1882–1884) и Янской экспедиции в (1885) А.А. Бунге занимался исследованиями на Дальнем Востоке. Придя во Владивосток в должности старшего врача крейсера 1-го класса «Рюрик», он вступил в члены ОИАК (1897) и стал заниматься разбором спиртовых коллекций музея. С этой целью он подарил Обществу «ящик с посудой и реактивами для коллектирования» (АОИАК. Ф. 1. Оп. 1. Д. Протоколы общих собраний членов общества, распорядительного комитета, отчет за 1898. Л. 63). Через А.А. Бунге ОИАК снабжал коллекциями и европейские музеи.

«В течение 1900–1902 годов, – отмечалось в отчете ОИАК, – очень быстро и энергично развивались сношения Общества с русскими и иностранными учеными обществами и обмен изданиями. Очень оживленной представляется деятельность распорядительного комитета за 1900 и 1901 года по вопросу об учреждении научной биологической станции и лаборатории при музее. С этой целью, кроме приобретения главнейших и необходимых приборов и мебели, комитет, главным образом, старался найти компетентного консерватора и заведующего станцией» [8, с. 1–2].

Важным в деятельности ОИАК было его участие во Всемирной выставке, которая состоялась в Париже в 1900 г. Все началось с письма вице-председателя ИРГО сенатора П.П. Семенова: «...я обращаюсь в общество, будучи вполне уверен, что оно трудами своих членов и своими превосходными естественными и этнографическими коллекциями придет на помощь прекрасной задаче представить далекую Амурскую окраину на Парижской выставке во всем разнообразии ее природы и населения. Прежние и настоящие труды общества, старейшего в крае, позволяют мне высказать уверенность в том, что подходящим подбором экспонатов общество выполнит предложенную задачу и даст наглядную и точную картину жизни окраины» [14, с. 3]. Для подготовки к выставке Санкт-Петербург выделил ОИАК 600 р.

27 августа 1898 г. состоялось заседание распорядительного комитета. После дебатов о том, что лучше послать в Париж, решили «просить гг. Пальчевского и Янковского рассмотреть имеющийся в музее гербарий и пополнить его» (АОИАК. Ф. 1. Оп. 1. Д. Протоколы

общих собраний членов общества, распорядительного комитета, отчет за 1898. Л. 61). Дополнительно постановили отправить шкуру тигра, злаки, образцы угля, предметы и орудия китобойного промысла, этнографическую, археологическую и ихтиологическую коллекции и т.д.

За подбор коллекций и их упаковку деятельно взялся Б.О. Пилсудский. 28 октября 1899 г. были посланы: «1). Гербарий Южно-Уссурийской флоры. 2). Фотоснимки коренных национальностей: орочей, чукчей, гиляков, айнов. 3). Издания ОИАК и других по изучению этих племен. 4). Черный фазан, предоставленный специально М.С. Латернером. 5). Этнографическая коллекция гиляков – 158 предметов, собранная Пилсудским, орочей – 126 предметов, чукчей – 102 предмета, айнов – 63 предмета» [18, с. 4–5]. В сопроводительном письме оговаривалось, что коллекции после выставки могут быть возвращены или проданы.

Успех приморских экспонатов на выставке превзошел все ожидания. Коллекции были проданы за оговоренную сумму в 1500 р., а Общество наградили двумя медалями. Сахалинский гербарий подарили Парижскому музею естественной истории (Museum national d'histoire Naturelle), а печатные издания – Географическому обществу Парижа (Societe de geographie de la ville de Paris). Во Владивосток вернулось только чучело фазана.

Одновременно с подготовкой экспонатов для Парижа в Обществе велась работа и по устройству Амурско-Приморской сельскохозяйственной выставки в Хабаровске. На эту выставку отправили гербарий и образцы деревьев, ихтиологическую коллекцию, орудия морских и котиковых промыслов, шкуру тигра и, конечно, этнографические экспонаты. За коллекцию, собранную Н.А. Пальчевским, Общество получило медаль.

Большую роль в Обществе сыграл известный этнограф Бронислав Осипович Пилсудский (1866–1918). Впервые его имя появилось в документах Общества в 1899 г. Так, в отчете ОИАК за 1899 г. отмечалось: «В начале отчетного года с Сахалина прибыл приглашенный в качестве консерватора музея Б.О. Пилсудский, который впоследствии вел значительную часть переписки, работал над улучшением состояния коллекций и библиотеки»



Библиотека Общества изучения Амурского края. Около 1910 г. Из архива Общества изучения Амурского края.

[16, с. 11]. На Сахалине Пилсудский отбывал каторгу. 16 апреля 1898 г. распорядительный комитет Общества изучения Амурского края обратился к генерал-губернатору с просьбой разрешить ему приехать во Владивосток и занять должность библиотекаря. Влиятельных людей в Обществе было немало, и перевод состоялся. 3 декабря 1898 г. распорядительный комитет известил Пилсудского о разрешении выехать с Сахалина. Строительство здания музея отвлекало членов ОИАК от обычной деятельности, их активность резко снизилась, были утрачены связи с другими научными обществами, не пополнялись коллекции и библиотека. Сахалин был одним из важных объектов изучения русского Дальнего Востока, поэтому Пилсудского, пользуясь его пребыванием на Сахалине, решили привлечь к пополнению коллекций.

В отчете Общества изучения Амурского края за 1899 г. в разделе «Внешние сношения» отмечалось: «...значительная переписка велась по поводу упорядочения и увеличения библиотеки музея, ввиду того, что, во-первых, многие издания ученых обществ имелись в разрозненном виде, причем недоставало значительного количества промежуточных номеров, а, во-вторых, потому что многие издания совершенно отсутствовали, а комитет считал необходимым их иметь. По этому вопросу было написано в 70 обществ и учреждений. Как можно судить по количеству изданий, поступивших в отчетном году, просьбы Общества в большинстве случаев были удовлетворены. Общество вошло в сношения с разными обществами, учреждениями, с редакциями газет и журналов о высылке ему и впредь их изданий в обмен на издания Общества изучения Амурского края...» [6, с. 6].

Среди новых почетных членов, избранных 30 марта 1900 г. на Общем собрании, был и вице-президент Русского географического общества Петр Петрович Семенов-Тянь-Шанский (1827–1914), известный русский географ и путешественник. Он неоднократно оказывал помощь Обществу изучения Амурского края, консультируя членов ОИАК, подписывая рекомендации, высылая книги и помогая получать государственные субсидии.

В начале XX в. авторитет Общества изучения Амурского края упрочился. В России и во многих других странах считали местных энтузиастов знатоками края, обращались к ним с различными запросами, предлагали тесное научное сотрудничество с обменом изданиями.

23 февраля 1901 г. Н.А. Пальчевский и Б.О. Пилсудский написали письмо А.П. Чехову: «Многоуважаемый Антон Павлович! В г. Владивостоке, самом крупном пункте нашего Дальнего Востока, до сих пор нет Публичной библиотеки, но даже и сколько-нибудь удовлетворяющего потребностям живущей здесь интеллигенции книгохранилища, которое давало бы материал при изучении той или иной отрасли знания, того или другого вопроса, касающегося здешнего края. Лучшее в городе является библиотека Общества изучения Амурского края, но и та слишком мала и нуждается в систематическом пополнении ее как многими сочинениями общего характера, так и специальными трудами. Создать быстро хорошо обставленную научную библиотеку крайне ограниченными средствами трудно. Поэтому распорядительный комитет обращается к Вам, уважаемый Антон Павлович, с покорнейшей просьбой о бесплатной высылке Обществу Вашего описания острова Сахалина и путешествия на наш Дальний Восток» [10, с. 26]. Дело в том, что А.П. Чехов, возвращаясь с Сахалина, задержался во Владивостоке и провел несколько дней в библиотеке ОИАК. Писатель откликнулся на просьбу краеведов и выслал им свою книгу.

Через работу в ОИАК прошло немало ученых, которые стали известными в России. Будущий член-корреспондент АН СССР Лев Яковлевич Штернберг (1861–1927), окончив Житомирскую гимназию, учился на физико-математическом факультете Санкт-Петербургского университета. Когда его исключили оттуда за участие в студенческой сходке, Штернберг продолжил образование на юридическом факультете Новороссийского университета, но и оттуда его исключили за участие в партии «Народная Воля». В 1886 г. Штернберга арестовали и отправили на Сахалинскую каторгу, откуда он слал много статей в газету «Владивосток». Военный губернатор разрешил Штернбергу проведение экспедиции, и, будучи на каторге, он занимался для ОИАК изучением быта гиликов и раскопками



Мемориальная доска с именами выдающихся членов Общества на фасаде здания Общества изучения Амурского края. Владивосток, ул. Петра Великого, д. № 4. Современный снимок

около мыса Тыр (1896). Программу для этих исследований подготовил Н.К. Эпов. С сообщением о результатах экспедиции Л.Я. Штернберг выступил 1 ноября 1896 г.

ОИАК наводило связи и с США. 1 октября 1901 г. сотрудник экспедиции Бостонского музея Владимир Германович (Тан) Богораз (1865–1936) выступил в ОИАК с сообщением «О чукчах Анадырского края», при этом присутствовали свыше 200 человек. Через 15 лет этот талантливый этнограф вновь приедет во Владивосток и прочитает в Обществе другую лекцию – «Инородцы севера в художественном отношении» (1916). Через В.Г. Богоразу ОИАК отправило в Америку труды своих членов.

В октябре 1907 г. музей посетил доктор Томсон, прибывший во Владивосток на американском военном корабле. Герпетолог предложил Обществу «войти в сношения с Калифорнийской академией, членом которой он состоит» (АОИАК. Ф. 1. Оп. 1. Д. Протоколы общих собраний и заседаний распорядительного комитета Общества. 24 февр. 1906 – 4 янв. 1910. Л. 56 об.). Общество сразу же отправило в Сан-Франциско свои издания. На следующий месяц Б.О. Пилсудский завязал контакты с немецким Обществом Deutsche Gesellschaft für Natur und Volkerkunde, английским обществом в Токио The Asiatic Society of Japan и Токийским университетом. Туда ОИАК также отправило свои издания.

13 сентября 1915 г. Общество торжественно встретило 25-летие создания музея. Оглядываясь назад, члены ОИАК с удовольствием отмечали, что музей стал по-настоящему научным учреждением, в котором хранились немалые культурные ценности: имелись отделы этнографический, геологический, разделенный на петрографический и минералогический подотделы, зоологический с подотделами морских животных, ракообразных, насекомых, земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. На торжественном заседании выступил с докладом журналист и востоковед Виктор Ананьевич Панов (1854–1922). «Общество изучения Амурского края, – говорил он, – поставило своей задачей изучить местную страну как арену деятельности местного населения во всем ее

социальном объеме. С этой точки зрения Общество изучения Амурского края является посредствующей средой между страной и населяющим ее народом. Общество закладывает в общественной жизни города и края семена привязанности к самой стране, способствует выявлению местной самобытности. Одновременно с этим, относясь с одинаковым вниманием и интересом к инородцу-аборигену, к поселенцу-корейцу, пришлому китайцу и новоселу-русскому, выясняя объективно их взаимоотношения на почве культуры, Общество внедряет человечность во взглядах социально-господствующей группы, приучает к мысли ценить в безлюдной тайге человека не по цвету его кожи – белой или желтой, а по его человеческому облику и культурной работе» [15, с. 78].

В свое время обменная программа помогла российской науке на Дальнем Востоке занять достойное место не только в России, но и в мире. Сейчас в ведущих музеях мира находятся коллекции, собранные энтузиастами из Общества изучения Амурского края, а в известных библиотеках хранятся научные труды, изданные на Дальнем Востоке. К сожалению, сегодня научная обменная программа находится в сложном положении, нет средств на почтовые расходы, нарушены некоторые связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Библиотека // Отчет за 1884 год распорядительного комитета ОИАК. Владивосток, б.г. С. 6.
2. Библиотека // Отчет распорядительного комитета ОИАК за 1886 г. Владивосток: Тип. штаба портов Вост. океана, 1887. С. 10–11.
3. Бушуев И.А. Отчет ОИАК за 1889 год. Владивосток, б.г. С. 5–6.
4. Виттенбург П.В. Научные результаты геологической экспедиции Общества изучения Амурского края в 1912 г. Ч. 1. Геологическое описание полуострова Муравьева-Амурского и архипелага императрицы Евгении. Пг.: Тип. М. Стасюлевича, 1916. XXIX, 480 с.: ил., табл., карты. (Зап. ОИАК Владивост. отд-ния Приамур. отд. ИРГО; Т. 15. Науч. результаты геол. экспедиции ОИАК в 1912 г. под начальством П.В. Виттенбурга. Ч. 1. Геологическая).
5. Владивосток. 1888. № 3. С. 6.
6. Внешние сношения // Отчет ОИАК за 1899 год. Владивосток: Тип. Л.П. Подпаха, 1903. С. 6.
7. Деятельность Общества. Сношения общества с учеными обществами, учреждениями и частными лицами // Отчет ОИАК за 1897 г. Владивосток, 1899. С. 5.
8. Деятельность распорядительного комитета // Отчет ОИАК за 1900-1902 года. Владивосток: Тип. Л.П. Подпаха, 1903. С. 1–2.
9. Записки Общества изучения Амурского края. № 1 / под ред. Ф.Ф. Буссе. Владивосток: Тип. Сиб. флот. экипажа, 1888. 126 с.
10. Лищинский Б.Д. Путешествие с Чеховым. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1989. 115 с.
11. Маргаритов В.П. Отчет ОИАК (с 1884 по 1894), чиг. 18 апр. 1894 г. в день основания. Владивосток: Тип. Сиб. флот. экипажа, 1894. 35 с.
12. Отчет ОИАК за 1887 год. Владивосток, б.г. 8 с.
13. Отчет ОИАК за 1896 год. Владивосток: Тип. Н.В. Ремезова, 1898. 5 с.
14. Отчет ОИАК за 1898 год. Владивосток, б.г. 6 с.
15. Панов В.А. Историческая задача ОИАК // Музей Общества изучения Амурского края за первые 25 лет своего существования: юбил. сб. Владивосток: Изд-во ОИАК, 1916. С. 78–79.
16. Сообщения в музеи Общества // Отчет ОИАК за 1899 год. Владивосток: Тип. Л.П. Подпах, 1903. С. 11.
17. Устав Общества изучения Амурского края. Владивосток: Тип. Н.В. Морозова, 1897. 15 с.
18. Участие общества на Парижской выставке // Отчет ОИАК за 1899 год. Владивосток: Тип. Л.П. Подпах, 1903. С. 4–5.

*Подписка на журнал «Вестник Дальневосточного отделения РАН»
принимается всеми отделениями «Роспечати» с любого номера.
Индекс 70193.*

*Полнотекстовые варианты статей можно найти в Интернете:
<http://elibrary.ru/issues.asp?id=2774>*

Ответственный за номер П.Я. Бакланов
Номер подготовили к печати В.С. Жердев,
С.А. Машкин, Л.А. Русова, В.Е. Старовойтова, Т.А. Третьякова
Компьютерный набор Г.А. Веренцовой
Компьютерная верстка И.В. Миромановой
Корректор Л.И. Горбулина
Переводчик П.Э. Кирпичёв

Адрес редакции:
690091 Владивосток,
ул. Светланская, 50, к. 51,
тел. (423)222-25-88
E-mail: vestnikdvo@hq.febras.ru
<http://www.vestnikdvo.ru>

Издатели:
Дальневосточное отделение РАН
690091 Владивосток, ул. Светланская, 50.
Тел. +7(423)222-25-28
Центральная научная библиотека ДВО РАН
Тел. +7(423)231-78-38
690022 Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159.

ФГУП «Издательство Дальнаука»
Тел. +7(423)231-21-05
690041 Владивосток, ул. Радио, 7

Выход в свет 02.09.2019 г.
Формат 70 × 108/16
Печать офсетная
Усл. печ. л. 13,56
Уч.-изд. л. 12,3
Тираж 300 экз. Заказ ИВ 190700
Цена свободная

Отпечатано в ООО «ПОЛИГРАФ–СЕРВИС–ПЛЮС»
690078 Владивосток, ул. Русская, 65, корпус 10

Свидетельство Роскомнадзора о регистрации ПИ № ФС 77-75560 от 12.04.2019 г.

Индекс 70193

