

---

---

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

---

Институт комплексного анализа  
региональных проблем  
Дальневосточного отделения  
Российской академии наук

**Том 24 № 4**  
**2021**

Журнал основан в 1995 г.  
Выходит 4 раза в год  
ISSN 2618-9593

---

Главный редактор  
чл.-корр. РАН Е.Я. Фрисман

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

зам. гл. редактора: к.г.н. Д.М. Фетисов; ответственный секретарь: к.г.н. Е.В. Стельмах;  
члены редколлегии: к.г.н. А.В. Аношкин, акад. РАН П.Я. Бакланов, чл.-корр. РАН Б.А. Воронов,  
д.э.н. Н.В. Гальцева, к.б.н. Е.А. Григорьева, к.э.н. В.С. Гуревич, акад. РАН Ю.Н. Журавлёв, к.г.н. В.Б. Калманова,  
к.г.н. Т.М. Комарова, д.г.н. Б.А. Красноярова, д.г.н. З.Г. Мирзеханова, к.э.н. С.Н. Мишук, д.г.н. А.В. Мошков,  
д.э.н. С.Н. Леонов, к.б.н. Т.А. Рубцова, к.с.н. С.А. Соловченко, чл.-корр. РАН А.П. Сорокин, д.э.н. С.А. Сукнёва,  
д.п.н. Б.Е. Фишман, д.б.н. Л.В. Фрисман, д.ф.н. А.М. Шкуркин, д.э.н. А.Г. Шеломенцев,  
проф. Син Гуанчэн, проф. Ван Цзюанлэ, проф. Алтэн-Аоцир

---

*Научный журнал «Региональные проблемы» зарегистрирован Федеральной службой по надзору  
в сфере связи информационных технологий и массовых коммуникаций 1 апреля 2019 г. ЭЛ№ФС77-75434*

С а й т ж у р н а л а: **regional-problems.ru, региональныепроблемы.рф**

А д р е с р е д а к ц и и: 679016, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4  
ИКАРП ДВО РАН, тел./факс: 8(42622) 4-16-71, 6-00-97, <http://икарп.рф>  
E-mail: **reg.probl@yandex.ru**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>БИОЛОГИЯ</b> .....	3
<b>Ерофеева Е.А.</b> <i>Разнообразие базидиальных макромицетов Еврейской автономной области</i> .....	3
<b>Фрисман Л.В., Горобейко У.В.</b> <i>Видовое разнообразие летучих мышей Еврейской автономной области</i> .....	12
<b>ГЕОЭКОЛОГИЯ</b> .....	25
<b>Медведева С.А.</b> <i>Характер распределения редкоземельных элементов в мезозойских осадочных породах нижнего Приамурья</i> .....	25
<b>Петрищевский А.М.</b> <i>Связь теплового потока с зонами реологического разуплотнения в верхней мантии восточной окраины Азии</i> .....	35
<b>Потурай В.А.</b> <i>Органическое вещество в термальных и холодных подземных и поверхностных водах континентальной части юга Дальнего Востока (кислородсодержащие соединения)</i> .....	50

© ИКАРП ДВО РАН, 2021

---

---

---

# REGIONAL PROBLEMS

---

Institute for Complex Analysis  
of Regional Problems  
Far Eastern Branch  
Russian Academy of Sciences

**Volume 24 Number 4**  
**2021**

Established in 1995  
Published 4 times a year  
ISSN 2618-9593

---

---

## CONTENTS

<b>BIOLOGY</b> .....	3
<b>Erofeeva E.A.</b> <i>Basidial macromycetes diversity in Jewish Autonomous Region</i> .....	3
<b>Frisman L.V. , Gorobeiko U.V.</b> <i>Bat species diversity of the Jewish Autonomous Region</i> .....	11
<b>GEOLOGY. GEOECOLOGY</b> .....	25
<b>Medvedeva S.A.</b> <i>Nature of the distribution of rare earth elements in mesozoic sedimentary rocks of the Lower Amur Region</i> .....	25
<b>Petrishchevsky A.M.</b> <i>Connection of heat flow anomalies with zones of rheological lower density contrast in upper mantle of the Eastern Asian Margins</i> .....	35
<b>Poturay V.A.</b> <i>Organic matter in thermal, cold ground and surface waters of the Far East South continental part (oxygen-containing compounds)</i> .....	50

© ICARP FEB RAS, 2021

---

Электронная верстка *Г.В. Матвейчикова*  
Перевод *А.Л. Воронина*

---

*Системные требования: PC не ниже класса Pentium III; 256 Mb RAM;  
свободное место на HDD 32 Mb; Windows 98/XP/7/10; Adobe Acrobat Reader*

Объем данных (16 744 Кб)  
Дата размещения на сайте: 13.01.2022 г.  
Дата подписания к использованию: 30.12.2021 г.

## БИОЛОГИЯ

УДК 582.284:502(571.621)

### РАЗНООБРАЗИЕ БАЗИДИАЛЬНЫХ МАКРОМИЦЕТОВ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Ерофеева

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,  
e-mail: gladdis@yandex.ru

*Изучение базидиальных макромицетов в Еврейской автономной области было начато в 1961 г. Основной объем исследований был сосредоточен в горно-лесной зоне региона, в меньшей степени были затронуты леса и редколесья равнинных участков. Более 95% видового разнообразия микобиоты было выявлено в результате инвентаризационных исследований в заповеднике «Бастак», проводившихся с 2000 г. К настоящему времени известно 786 видов базидиальных макромицетов, относящихся к 303 родам 101 семейства из 21 порядка пяти классов. В доминирующем классе Agaricomycetes (98% от общего количества видов) лидирующие порядки – Agaricales, Polyporales и Russulales. Внетаксономическая группа агарикоидных грибов представлена 458 видами (58%), афиллофоровых – 277 видами (35%), гастероидных – 23 (3%); 28 (4%) видов относятся к гетеробазидиальным грибам. Преобладающие эколого-трофические группы – ксилотрофы (47,5%) и микоризообразователи (24,7%). Им заметно уступают гумусовые (15,5%) и подстилочные (11,1%) сапротрофы. Немногими видами представлены грибы со специфической экологией: образующие плодоношения на старых шляпках крупных грибов, связанные со мхами, печеночниками, лишенизированные грибы, а также виды, паразитирующие на других грибах. Девятнадцать видов включены в региональную Красную книгу. Семь видов, отмеченных в регионе, охраняются на федеральном уровне (*Fomitopsis castanea*, *Ganoderma lucidum*, *Grifola frondosa*, *Leucopholiota lignicola*, *Lichenophalia hudsoniana*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Porphyrellus porphyrosporus*), а *Gomphus clavatus* внесен в мониторинговый список Красной книги РФ.*

**Ключевые слова:** базидиальные макромицеты, биоразнообразие, Еврейская автономная область, Дальний Восток России.

**Образец цитирования:** Ерофеева Е.А. Разнообразие базидиальных макромицетов Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 4. С. 3–11. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-3-11.

#### Введение

Работы по изучению микобиоты на российском Дальнем Востоке были начаты в конце 1910-х гг. В первые десятилетия районы исследований были сосредоточены на юге Приморского края, в Амурской области, в южной части Хабаровского края и на юге Сахалина [1, 11].

На территории Еврейской автономной области (ЕАО) первые исследования биоты базидиальных макромицетов были предприняты в 1961 г. Э.Х. Пармасто и А.Г. Райтвийром в ходе II Дальневосточной комплексной экспедиции АН Эстонской ССР. Материал, собранный ими в Облученском районе ЕАО, вошел в ряд обобщающих сводок [26, 25, 39, 2, 34] и специальных работ [35,

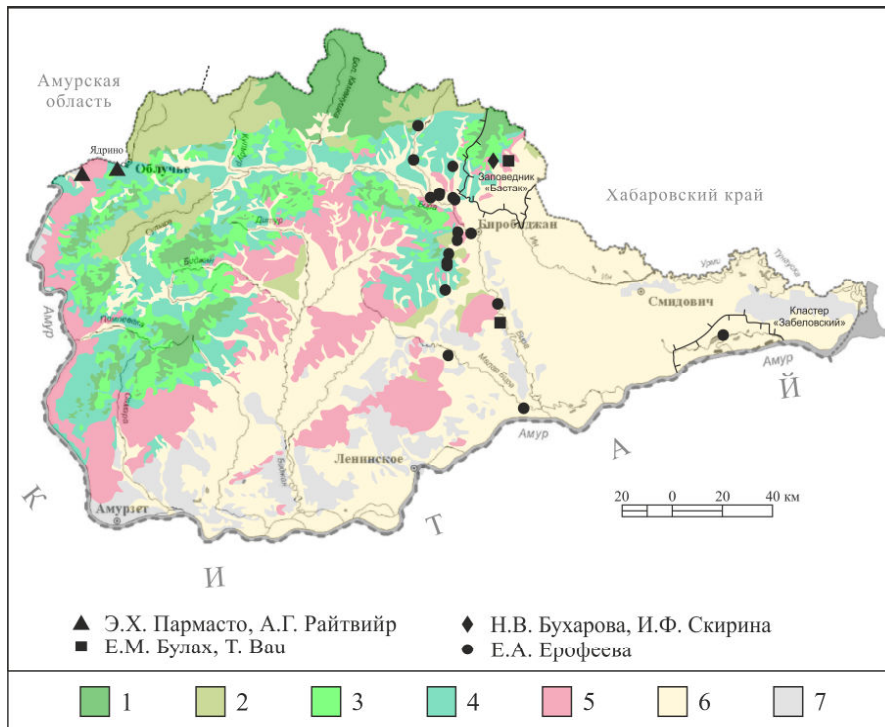
38, 37]. В некоторых публикациях [39, 34, 35, 38] Облученский район мог указываться в составе Амурской области либо Хабаровского края. Кроме того, населенный пункт, выполнявший роль географической привязки, – с. Ядрино – относится к Амурской области. По этим причинам в региональной принадлежности некоторых находок могла возникнуть неоднозначность. Уточнить такие детали в настоящее время было бы возможно, по-видимому, только путем просмотра аннотаций гербарных образцов, что, к сожалению, затруднительно.

В 1997 г. в ЕАО был организован государственный природный заповедник «Бастак». С 2000 по 2006 гг. инвентаризационные исследова-

ния биоты базидиальных макромицетов его территории проводила Е.М. Булах. Попутно ею были собраны сведения о грибах и из других районов ЕАО. В 2004 г. в полевых сборах и обработке материала принимал участие Dr. T. Vau (Китай). Результаты, включающие более 500 видов базидиомицетов, были опубликованы в виде флористических списков [6, 31], а также вошли в обработки по отдельным группам [15, 16, 33, 36, 27, 29, 24]. Были сделаны находки интересных и малоизвестных видов, а также видов, новых для региона [3, 5] и для России в целом [28, 41]. На основе материала, в том числе из заповедника «Бастак», был описан новый для науки вид гастероидных грибов [40]. В 2002–2013 гг. инвентаризацию лишенобиоты заповедника проводила И.Ф. Скирина. В ходе этих работ был выявлен лишенизированный

базидиомицет *Lichenomphalia hudsoniana* (H.S. Jenn.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo et Vilgalys [30]. В 2009–2011 гг. Н.В. Бухарова изучала видовое разнообразие афиллофоровых грибов в центральном кластере заповедника. Результаты были изложены в нескольких публикациях [13, 7, 8, 9, 10] и затем обобщены с некоторыми дополнениями и уточнениями [12]. Часть материала была передана другим исследователям [42]. В 2015–2017 гг. работы по инвентаризации микобиоты велись на территории кластера «Забеловский» заповедника «Бастак» [20]. С 2013 г. периодически проводятся сборы гербарных образцов в различных районах ЕАО [17, 18, 41].

На рис. 1 показано географическое расположение мест сбора гербарного материала базидиальных макромицетов на территории ЕАО.



**Рис. 1. Пункты гербарных сборов базидиальных макромицетов на территории ЕАО.**

Распределение растительных сообществ дано по: [14], с. 106 (с изменениями): 1 – леса со значительным участием пихты и ели; 2 – лиственничники; 3 – кедрово-широколиственные леса; 4 – производные мелколиственные и смешанные леса; 5 – дубовые и дубово-черноберезовые с кленом и липой леса и редколесья; 6 – луга и болота, в том числе с редколесьями, и прирусловые заросли; 7 – с/х угодья и лесовосстановительные посадки

**Fig. 1. Places of basidiomycetes herbarium collections in the Jewish Autonomous region.**

**Distribution of plant communities is taken from [14], p. 106 (with changes):**

1 – Forests with significant proportion of *Abies* and *Picea*. 2 – *Larix* forests. 3 – *Pinus koraiensis*-deciduous forests. 4 – Derivative deciduous and mixed forests. 5 – Forests and woodlands of *Quercus mongolica* with *Betula dahurica*, *Acer* and *Tilia*. 6 – Meadows and swamps, including woodlands, and thickets along riverbanks. 7 – Agricultural lands and reforestation plantings

Основной объем исследований был сосредоточен в горно-лесной зоне региона, в меньшей степени были затронуты леса и редколесья равнинных участков.

### Материалы и методы

Данные из различных литературных источников были сведены в общий видовой список. Приоритетные названия видов и система классификации были выверены согласно международной базе данных «IndexFungorum» [32]. Из публикаций на основе материалов Э.Х. Пармасто и А.Г. Райтвйра к находкам на территории ЕАО были отнесены все, для которых как место сбора указывался Облученский район либо Ядрино, вне зависимости от упоминания региона.

### Результаты и обсуждение

На сегодняшний день в ЕАО зарегистрированы 786 видов базидиальных макромицетов, относящихся к 303 родам 101 семейства из 21 порядка пяти классов. Таксономическая структура биоты приведена в таблице. В доминирующем классе Agaricomycetes (98% от общего количества видов) лидирующие порядки – Agaricales (49% от общего количества видов), Polyporales (14%) и Russulales (13%). Также достаточно крупные – порядки Hymenochaetales (7%) и Boletales (5%). В пределах порядка Agaricales каждое из семейств Cortinariaceae, Hygrophoraceae, Hymenogastraceae, Inocybaceae и Mycenaceae представляет более 5% от количества видов в порядке, и более 8% занимают виды с неопределенным систематическим положением (Incertae sedis). В порядке Polyporales лидирует семейство Polyporaceae (34% от объема порядка), ему значительно уступают Phanerochaetaceae (11%) и Fomitopsidaceae (9%). Преобладающее семейство порядка Russulales – Russulaceae (76% от объема порядка). Внетаксономическая группа агарикоидных грибов представлена 458 видами (58% от общего количества), афиллофоровых – 277 видами (35%), гастероидных – 23 (3%). Двадцать восемь (4%) видов относятся к гетеробазидиальным грибам. Наиболее крупные роды среди агарикоидных грибов: *Russula* (43 вида), *Lactarius* (33), *Cortinarius* (25), *Inocybe* (20), *Mycena* (19), *Amanita* (13), *Entoloma* (13); среди афиллофоровых: *Ramaria* (18 видов), *Phellinus* (8), *Trametes* (7), *Peniophora* (7), *Clavulinopsis* (6) и *Phaeoclavulina* (6); среди гастероидных – *Lycoperdon* (9 видов).

Подавляющее большинство (754 из 786 – 96%) видов грибов в ЕАО было выявлено на территории заповедника «Бастак». В связи с этим результаты эколого-ценотического анализа ми-

кобиоты, приводившиеся для заповедника, могут быть распространены на территорию всей ЕАО. Значительная часть территории центрального кластера заповедника «Бастак» расположена в лесной зоне (см. рис. 1). Среди агарикоидных грибов, выявленных в этом кластере, преобладали виды – микоризообразователи. Больше всего видов (39%) было связано с березой – наиболее распространенной древесной породой, с дубом – 25%, с лиственницей – 17%, с кедром корейским – 6%, 13% видов – с другими породами деревьев. Вторая по многочисленности группа – древесные сапротрофы с преобладанием видов с низкой избирательностью к субстрату. Третья группа – подстилочные сапротрофы, представленные как видами, осуществляющими первоначальные этапы разложения опада, так и растущими в глубоких слоях подстилки. Четвертую по величине группу составляли почвенные сапротрофы [4]. Два вида сапротрофных агарикоидных грибов узко специализированы к формированию плодоношений на старых шляпках крупных грибов, четыре вида обитают среди зеленых мхов на почве и древесине. Среди афиллофоровых грибов центрального кластера самую многочисленную группу (81% видов) составляли ксилотрофы со значительной долей факультативных патогенных сапротрофов [12].

Кластер «Забеловский» – представительный участок лугов, болот и редколесий Среднеамурской низменности, подверженный периодическим затоплениям при повышении уровня р. Амур, в связи с чем его лесные насаждения характеризуются значительным количеством поврежденных и усыхающих деревьев, а также сухостойной и валяжной древесины. Из 165 видов грибов, выявленных на этой территории [20, 19], 59% относились к агарикоидным, 41% – к афиллофоровым. Среди агарикоидных грибов преобладали виды – микоризообразователи (44%), им несколько уступали ксилотрофы (33%), 11% видов относились к гумусовым сапротрофам, и 9% – к подстилочным сапротрофам. Группу афиллофоровых грибов почти полностью (91%) составляли ксилотрофные виды, лишь 6% приходилось на гумусовые сапротрофы и по 1% – на подстилочные сапротрофы и микоризообразователи.

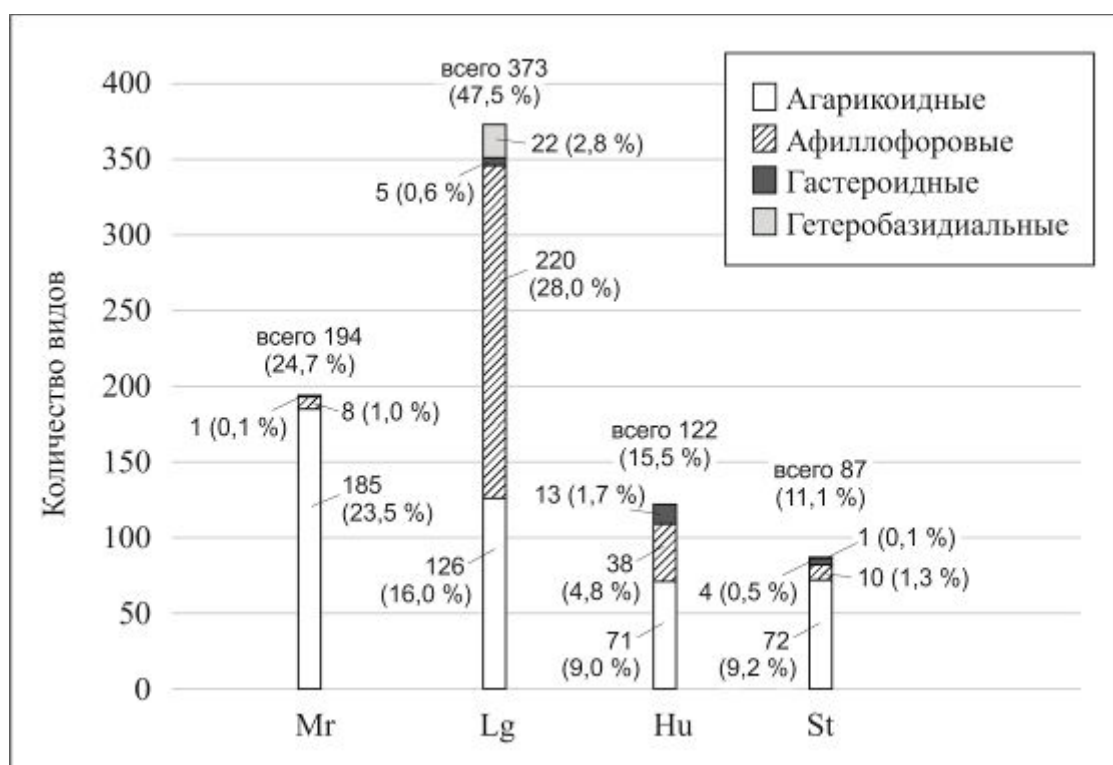
Гастероидные базидиомицеты ЕАО по большей части – гумусовые сапротрофы (61% видов), 22% – ксилотрофы, 13% – подстилочные сапротрофы, 1 вид (4%) относится к микоризообразователям. В группе гетеробазидиальных грибов 75% видов составляют ксилотрофы, 18% – виды из рода *Tremella*, паразитирующие на других гри-

бах, и 1 вид (4%) относится к подстилочным сапротрофам.

На рис. 2 приведено общее распределение биоты базидиальных макромицетов ЕАО по основным эколого-трофическим группам с подразделением на внетаксономические группы агарикоидных, афиллофоровых, гастероидных и гетеробазидиальных грибов. Помимо этих основных групп, один вид агарикоидных грибов связан с печеночниками, и два вида относятся к лишенизированным грибам. Своеобразный вид *Eocronartium muscicola* (Pers.) Fitzp., ранее относимый к группе гетеробазидиомицетов, связан со мхами.

Результаты инвентаризации в центральном кластере заповедника «Бастак» [6] были положены в основу раздела «Грибы» региональной Красной книги: охранный статус получили 12 видов

базидиомицетов и один вид лишенизированных базидиомицетов [21], четыре из которых внесены в Красную книгу РФ [23]. В дальнейшем сведения о редких охраняемых видах грибов дополнялись [7, 12, 19]. Второе издание Красной книги ЕАО [22] содержит 18 видов базидиальных макромицетов и один вид лишенизированных базидиомицетов. Семь видов, отмеченных в регионе, охраняются на федеральном уровне [23]: *Fomitopsis castanea* Imazeki, *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Gri-fola frondosa* (Dicks.) Gray, *Leucopholiota lignicola* (P. Karst.) Harmaja, *Lichenomphalia hudsoniana* (H.S. Jenn.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo et Vilgalys, *Strobilomyces strobilaceus* (Scop.) Berk., *Porphyrellus porphyrosporus* (Fr. et Hök) E.-J. Gilbert, a *Gomphus clavatus* (Pers.) Gray внесен в мониторинговый список Красной книги РФ.



**Рис. 2. Основные эколого-трофические группы базидиальных макромицетов Еврейской автономной области.**

Hu – гумусовые сапротрофы; Lg – ксилотрофы; Mr – микоризообразователи; St – подстилочные сапротрофы. Цифрами обозначено число видов в соответствующей подгруппе и их доля от общего количества видов

**Fig. 2. Main ecological-trophic groups of basidial macromycetes of the Jewish Autonomous region.**

Hu – humus saprotrophs; Lg – xylotrophs; Mr – mycorrhizal fungi; St – litter saprotrophs. The numbers indicate the amount of species in the corresponding subgroup and their share in the total number of species

Таксономическая структура биоты базидиальных макромицетов  
Еврейской автономной области (в скобках – количество видов)

Taxonomic structure of the basidial macromycetes biota of the Jewish Autonomous Region  
(the species number – in brackets)

Класс	Порядок	Семейство
Agaricomycetes (769)	Agaricales (384)	Agaricaceae (21), Amanitaceae (14), Amylocorticiaceae (1), Biannulariaceae (1), Bolbitiaceae (10), Clavariaceae (13), Cortinariaceae (25), Crepidotaceae (8), Cyphellaceae (3), Entolomataceae (16), Hydangiaceae (4), Hygrophoraceae (25), Hymenogastraceae (22), Inocybaceae (23), Lycoperdaceae (14), Lyophyllaceae (7), Macrocystidiaceae (1), Marasmiaceae (10), Mycenaceae (32), Niaceae (1), Omphalotaceae (12), Physalacriaceae (6), Pleurotaceae (8), Pluteaceae (15), Porotheleaceae (1), Psathyrellaceae (19), Pseudoclitocybaceae (2), Pterulaceae (1), Radulomycetaceae (2), Sarcomyxaceae (1), Schizophyllaceae (2), Stephanosporaceae (2), Strophariaceae (17), Tricholomataceae (7), Tubariaceae (4), Typhulaceae (1), Incertae sedis (33)
	Atheliales (1)	Atheliaceae (1)
	Auriculariales (13)	Auriculariaceae (10), Tremellodendropsidaceae (1), Incertae sedis (2)
	Boletales (38)	Boletaceae (16), Coniophoraceae (2), Gomphidiaceae (1), Gyroporaceae (1), Hygrophoropsidaceae (1), Paxillaceae (2), Sclerodermataceae (3), Serpulaceae (1), Suillaceae (9), Tapinellaceae (2)
	Cantharellales (13)	Hydnaceae (12), Incertae sedis (1)
	Corticiales (3)	Corticaceae (2), Vuilleminiaceae (1)
	Geastrales (3)	Geastraceae (3)
	Gloeophyllales (3)	Gloeophyllaceae (3)
	Gomphales (29)	Clavariadelphaceae (1), Gomphaceae (26), Lentariaceae (2)
	Hymenochaetales (54)	Hymenochaetaceae (33), Oxyporaceae (4), Rickenellaceae (4), Schizoporaceae (8), Incertae sedis (5)
	Phallales (1)	Phallaceae (1)
	Polyporales (112)	Cerrenaceae (1), Dacryobolaceae (3), Fomitopsidaceae (10), Gelatoporiaceae (1), Grifolaceae (1), Hyphodermataceae (2), Incrustoporiaceae (3), Irpicaceae (7), Ischnodermataceae (2), Laetiporaceae (3), Meripilaceae (1), Meruliaceae (9), Panaceae (1), Phanerochaetaceae (12), Podoscyphaceae (1), Polyporaceae (38), Pycnoporellaceae (1), Sparassidaceae (1), Steccherinaceae (11), Incertae sedis (4)
	Russulales (101)	Auriscalpiaceae (4), Bondarzewiaceae (3), Hericiaceae (4), Peniophoraceae (8), Russulaceae (77), Stereaceae (5)
	Sebacinales (1)	Sebacinaceae (1)
	Thelephorales (10)	Bankeraceae (2), Thelephoraceae (8)
	Trechisporales (2)	Hydnodontaceae (2)
	Incertae sedis (1)	–
Dacrymycetes (10)	Dacrymycetales (10)	Dacrymycetaceae (10)
Gasteromycetes (1)	Tulostomatales (1)	Calostomataceae (1)
Pucciniomycetes (1)	Platyglloeales (1)	Eocronartiaceae (1)
Tremellomycetes (5)	Tremellales (5)	Tremellaceae (5)

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Богачева А.В. Становление фитопатологических и микологических исследований на российском Дальнем Востоке // Комаровские чтения. 2018. Вып. 66. С. 273–287. DOI: 10.25221/kl.66.11.
2. Бондарцева М.А., Пармасто Э.Х. Семейства гименохетовые, лахнокладиевые, кониофоровые, щелелистниковые. (Определитель грибов СССР: Порядок афиллофоровые. Вып. 1). Л.: Наука, 1986. 192 с.
3. Булах Е.М. Новые находки видов из родов *Campanella*, *Tetrapyrgos* и *Marasmiellus* на российском Дальнем Востоке // Микология и фитопатология. 2003. Т. 37. № 6. С. 23–32.
4. Булах Е.М. Агарикоидные грибы государственного природного заповедника «Бастак» // VII Дальневосточная конференция по заповедному делу. Биробиджан, 2005. С. 52–54.
5. Булах Е.М. Новые для России и Дальнего Востока России виды агарикоидных грибов // Микология и фитопатология. 2008. Т. 42, № 5. С. 417–425.
6. Булах Е.М., Говорова О.К., Назарова М.М., Васильева Н.В. Грибы. Класс Basidiomycetes // Флора, микобиота и растительность заповедника «Бастак». Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 170–208.
7. Бухарова (Васильева) Н.В. Новые и редкие виды афиллофоровых грибов заповедника «Бастак» // Региональные проблемы. 2011. Т. 14, № 2. С. 66–69.
8. Бухарова Н.В. Патогенные виды афиллофоровых грибов заповедника «Бастак» // Леса и лесное хозяйство в современных условиях: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Хабаровск, 2011. С. 222–224.
9. Бухарова Н.В. Гименохетовые грибы (Basidiomycota) заповедника «Бастак» // Регионы нового освоения: теоретические и практические вопросы изучения и сохранения биологического и ландшафтного разнообразия. Хабаровск, 2012. С. 57–61.
10. Бухарова Н.В. Новые сведения о кортициоидных грибах заповедника «Бастак» // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, № 1. С. 24–27.
11. Бухарова Н.В. История изучения афиллофоровых грибов на Дальнем Востоке России // Комаровские чтения. 2018. Вып. 66. С. 288–311. DOI: 10.25221/kl.66.
12. Бухарова Н.В., Змитрович И.В. Афиллофороидные грибы заповедника «Бастак» // Микология и фитопатология. 2014. Т. 48, № 6. С. 343–354.
13. Васильева Н.В. Дополнение к биоте афиллофороидных грибов государственного природного заповедника «Бастак» // IX Дальневосточная конференция по заповедному делу. Владивосток, 2010. С. 91–95.
14. География Еврейской автономной области: общий обзор: [электронный ресурс] / отв. ред. Е.Я. Фрисман. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. 408 с. URL: <http://icarp.su/konferens/monografii/geografiya-eao/index.php> (дата обращения: 19.09.2021).
15. Говорова О.К. Виды родов *Ramaria* (подрод *Lentoramaria*) и *Lentaria* на Дальнем Востоке России // Микология и фитопатология. 2002. Т. 36, № 5. С. 24–29.
16. Говорова О.К. Виды рода *Ramaria* (подрод *Ramaria*) на Дальнем Востоке России // Микология и фитопатология. 2003. Т. 37, № 2. С. 8–12.
17. Ерофеева Е.А., Булах Е.М. К изучению биоты базидиальных макромицетов Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2015. Т. 18, № 2. С. 14–16.
18. Ерофеева Е.А., Бухарова Н.В. Новая находка редкого гриба *Cerioporus choseniae* (Polyporales, Basidiomycota) в России // Современные проблемы регионального развития: материалы VI Междунар. конф. Биробиджан, 2016. С. 217–219.
19. Ерофеева Е.А., Бухарова Н.В. Материалы к ведению Красной книги Еврейской автономной области (Basidiomycota) // Региональные проблемы. 2019. Т. 22, № 3. С. 9–17.
20. Ерофеева Е.А., Бухарова Н.В., Булах Е.М. Первые сведения о базидиальных макромицетах кластера «Забеловский» заповедника «Бастак» (Еврейская автономная область) // *Turczaninowia*. 2019. Т. 22, № 1. С. 122–131. DOI: 10.14258/turczaninowia.22.1.11.
21. Красная книга Еврейской автономной области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / науч. ред. С.Д. Шлотгауэр; отв. ред. Т.А. Рубцова. Новосибирск: Арта, 2006. 248 с.
22. Красная книга Еврейской автономной области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / науч. ред. С.Д. Шлотгауэр; отв. ред. Т.А. Рубцова. Биробиджан: Изд. дом «Биробиджан», 2019. 267 с.
23. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Т-во науч. изданий КМК, 2008. 855 с.
24. Мальшева Е.Ф. Семейство Больбитиевые. (Определитель грибов России: Порядок Агариковые; Вып. 2) / отв. ред. О.В. Морозова. СПб.: Нестор-История, 2018. 416 с.



25. Николаева Т.Л. Ежовиковые грибы Амурской области, Хабаровского и Приморского краев // Новости систематики низших растений. 1967. Т. 4. С. 237–243.
26. Пармasto Э.Х. Определитель рогатиковых грибов СССР. Сем. Clavariaceae. М.; Л.: Наука, 1965. 165 с.
27. Ребриев Ю.А. Гастеромицеты рода *Lycoperdon* в России // Микология и фитопатология. 2016. Т. 50, № 5. С. 302–312.
28. Ребриев Ю.А., Булах Е.М., Горбунова И.А., Ерофеева Е.А. Редкие виды гастеромицетов из Азиатской части России // Микология и фитопатология. 2018. Т. 52, № 5. С. 350–356. DOI: 10.1134/S002411481805008X.
29. Ребриев Ю.А., Двадненко К.В. Гастеромицеты рода *Bovista* в России // Микология и фитопатология. 2017. Т. 51, № 6. С. 365–374.
30. Скирина И.Ф. Список лишайников заповедника «Бастак» // Biodiversity and Environment of Far East Reserves. 2015. № 4. С. 28–87.
31. Bau T., Bulakh E.M., Govorova O.K. Basidiomycetes // Fungi of Ussuri River Valley. Beijing, 2011. P. 118–293.
32. Index Fungorum. 2021. URL: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> (accessed: 20.04.2021).
33. Kiyashko A.A., Malysheva E.F., Antonin V., Svetasheva T.Yu., Bulakh E.M. Fungi of the Russian Far East 2. New species and new records of *Marasmius* (Marasmiaceae, Basidiomycota) // Phytotaxa. 2014. Vol. 186, N 1. P. 001–028. DOI: 10.11646/phytotaxa.186.1.1.
34. Kõljalg U. *Tomentella* (Basidiomycota) and related genera in the temperate Eurasia // Synopsis Fungorum. 1996. Vol. 9. P. 1–213.
35. Kollom A., Parmasto E. *Perenniporia maackiae* (Polypores, Hymenomycetes) // Folia Cryptogamica Estonica. 1999. Vol. 34. P. 1–7.
36. Malysheva V.F., Malysheva E.F., Bulakh E.M. The genus *Tremella* (Tremellales, Basidiomycota) in Russia with description of two new species and proposal of one nomenclatural combination // Phytotaxa. 2015. Vol. 238, N 1. P. 040–070. DOI: 10.11646/phytotaxa.238.1.2.
37. Parmasto E. *Phellinus laevigatus* s. l. (Hymenochaetales): a ring species // Folia Cryptogamica Estonica. 2007. Vol. 43. P. 39–49.
38. Parmasto E., Parmasto I. *Phellinus baumii* and related species of the *Ph. linteus* group (Hymenochaetales, Hymenomycetes) // Folia Cryptogamica Estonica. 2001. Vol. 38. P. 53–62.
39. Raitviir A. The Tremellaceous fungi of the Far East // Живая природа Дальнего Востока. Таллинн: Валгус, 1971. С. 84–154.
40. Rebriev Yu.A., Bulakh E.M. *Morganella sosinii* sp. nov. (Agaricaceae) from the Russian Far East // Mikologiya i fitopatologiya. 2015. Vol. 49, N 5. P. 293–296.
41. Rebriev Yu.A., Bulakh E.M., Sazanova N.A., Shiryayev A.G. New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 1 // Mikologiya i fitopatologiya. 2020. Vol. 54, N 4. P. 278–287.
42. Volobuev S., Okun M., Ordynets A., Spirin V. The *Phanerochaete sordida* group (Polyporales, Basidiomycota) in temperate Eurasia, with a note on *Phanerochaete pallid* // Mycological Progress. 2015. N 14:80. DOI: 10.1007/s11557-015-1097-0.

REFERENCES:

1. Bogacheva A.V. The development of phytopathological and mycological studies in the Russian Far East. *Komarovskie chteniya*, 2018, vol. 66, pp. 273–287. DOI: 10.25221/kl.66.11. (In Russ.).
2. Bondartseva M.A., Parmasto E.H. *Semeistva gimnokhetovye, lakhnokladiyevye, konioforovye, shchelelistnikovye. (Opredelitel' gribov SSSR: Poryadok afilloforovye. Vyp. 1)* (The families of Hymenochaete, Lachnocladium, Coniophore, and Schelophyllaceae. (Keybook to the fungi of Russia. The order Aphyllophorales, no. 1)). Leningrad, Nauka Publ., 1986. 192 p. (In Russ.).
3. Bulakh E.M. New records from the genera *Campanella*, *Tetrapyrgos* and *Marasmiellus* from Russian Far East. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2003, vol. 37, no. 6, pp. 23–32. (In Russ.).
4. Bulakh E.M. Agaricoid mushrooms in the “Bastak” State Nature Reserve, in *VII Dal'nevostochnaya konferentsiya po zapovednomu delu* (Proceedings of VII Far Eastern conference on nature reserves). Birobidzhan, 2005, pp. 52–54. (In Russ.).
5. Bulakh E.M. Species of agaricoid fungi new for Russia and Russian Far East. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2008, vol. 42, no. 5, pp. 417–425. (In Russ.).
6. Bulakh E.M., Govorova O.K., Nazarova M.M., et al. Fungi. Basidiomycetes, in *Flora, mikobiota i rastitel'nost' zapovednika "Bastak"* (Flora, mycobiota and vegetation of the “Bastak” Reserve). Vladivostok, Dalnauka Publ., 2007, pp. 170–208. (In Russ.).
7. Bukharova (Vasiljeva) N.V. New and rare species of aphyllophoroid fungi of the “Bastak” Reserve. *Regional'nye problemy*, 2011, vol. 14, no. 2, pp. 66–69. (In Russ.).

8. Bucharova N.V. Pathogenic species of aphyllorphore fungi in Bastak Nature Reserve, in *Lesnaya khozyaistvo v sovremennykh usloviyakh: materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem* (Forests and forestry in modern conditions: proceedings of Rus. Int. conference). Khabarovsk, 2011, pp. 222–224. (In Russ.).
9. Bukharova N.V. Hymenochaetaceae (Basidiomycota) of the “Bastak” Reserve, in *Regiony novogo osvoeniya: teoreticheskie i prakticheskie voprosy izucheniya i sokhraneniya biologicheskogo i landshaftnogo raznoobraziya* (Regions of new development: theoretical and practical issues of studying and preserving of biological and landscape diversity). Khabarovsk, 2012, pp. 57–61. (In Russ.).
10. Bukharova N.V. New data on corticioid fungi of the “Bastak” Reserve. *Regional'nye problemy*, 2014, vol. 17, no. 1, pp. 24–27. (In Russ.).
11. Bukharova N.V. History of the study of aphyllorphoroid fungi in the Far East of Russia. *Komarovskie chteniya*, 2018, vol. 66, pp. 288–311. DOI: 10.25221/kl.66.12. (In Russ.).
12. Bukharova N.V., Zmitrovich I.V. Aphyllorphoroid fungi of the “Bastak” Reserve. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2014, vol. 48, no. 6, pp. 343–354. (In Russ.).
13. Vasiljeva N.V. Supplement to the aphyllorphoroid fungi biota of the “Bastak” State Nature Reserve, in *IX Dal'nevostochnaya konferentsiya po zapovednomu delu* (Proceedings of IX Far Eastern conference on nature reserves). Vladivostok, 2010, pp. 91–95. (In Russ.).
14. *Geografiya Evreiskoi avtonomnoi oblasti: obshchii obzor* (A geography of Jewish Autonomous Region: overview), Frisman E.Ya., Ed. Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018. 408 p. Available at: <http://icarp.su/konferens/monografii/geografiya-eao/index.php> (accessed: 19.09.2021). (In Russ.).
15. Govorova O.K. Species of the genera *Ramaria* (subgenus *Lentoramaria*) and *Lentaria* in the Far East of Russia. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2002, vol. 36, no. 5, pp. 24–29. (In Russ.).
16. Govorova O.K. Species of the genus *Ramaria* (subgenus *Ramaria*) in the Russian Far East. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2003, vol. 37, no. 2, pp. 8–12. (In Russ.).
17. Erofeeva E.A., Bulakh E.M. To basidial macrofungi diversity studies in the Jewish Autonomous Region. *Regional'nye problemy*, 2015, vol. 18, no. 2, pp. 14–16. (In Russ.).
18. Erofeeva E.A., Bukharova N.V. A new record of a rare fungus *Cerioporus choseniae* (Polyporales, Basidiomycota) in Russia, in *Sovremennye problemy regional'nogo razvitiya: materialy VI Mezhdunar. konf.* (Contemporary problems of regional development: Proceedings of VI Int. conference). Birobidzhan, 2016, pp. 217–219. (In Russ.).
19. Erofeeva E.A., Bukharova N.V. Materials to the Red Book of the Jewish Autonomous Region (Basidiomycota). *Regional'nye problemy*, 2019, vol. 22, no. 3, pp. 9–17. (In Russ.).
20. Erofeeva E.A., Bukharova N.V., Bulakh E.M. First data on basidial macrofungi at the cluster Zabelovskiy of the Bastak Nature Reserve (Jewish Autonomous Region). *Turczaninowia*, 2019, vol. 22, no. 1, pp. 122–131. DOI: 10.14258/turczaninowia.22.1.11 (In Russ.).
21. *Krasnaya kniga Evreiskoi avtonomnoi oblasti. Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya vidy rastenii i gribov* (Red Data Book of the Jewish Autonomous Region. Rare and endangered species of plants and fungi). Novosibirsk, 2006. 248 p. (In Russ.).
22. *Krasnaya kniga Evreiskoi avtonomnoi oblasti. Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya vidy rastenii i gribov* (Data Book of the Jewish Autonomous Region. Rare and endangered species of plants and fungi). Birobidzhan, 2019. 267 p. (In Russ.).
23. *Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii (rasteniya i griby)* (Red Data Book of the Russian Federation. Plants and fungi). Moscow: KMK scientific press Ltd, 2008. 855 p. (In Russ.).
24. Malysheva E.F. *Semeistvo Bol'bitievye. (Opredelitel' gribov Rossii: Poryadok Agarikovy; Vyp. 2)* (Keybook to the fungi of Russia. The order Agaricales. Issue 2. Fam. Bolbitiaceae). Sankt-Peterburg: Nestor-Istoriya Publ., 2018. 416 p. (In Russ.).
25. Nikolaeva T.L. Hydnetoid fungi of the Amur Region, Khabarovsk Territory and Primorsky Krai. *Novosti systematiki nizshih rasteniy*, 1967, vol. 4, pp. 237–243. (In Russ.).
26. Parmasto E. *Opredelitel' rogatikovykh gribov SSSR. Sem. Clavariaceae* (Key to the Clavariaceae of the USSR). Leningrad: Nauka Publ., 1965. 165 p. (In Russ.).
27. Rebriev Yu.A. Gasteromycetes of the genus *Lycopodon* in Russia. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2016, vol. 50, no. 5, pp. 302–312. (In Russ.).
28. Rebriev Yu.A., Bulakh E.M., Gorbunova I.A., Erofeeva E.A. Rare Species of Gasteromycetes in Asian Part of Russia. *Mikologiya i fitopatologiya*,

- 2018, vol. 52, no. 5, pp. 350–356. DOI: 10.1134/S002411481805008X (In Russ.).
29. Rebriev Yu.A., Dvadenko K.V. Gasteromycetes of the genus *Bovista* in Russia. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2017, vol. 51, no. 6, pp. 365–374. (In Russ.).
  30. Skirina I.F. Lichen list of “Bastak” natural reserve (Russia). *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, 2015, no. 4, pp. 28–87. (In Russ.).
  31. Bau T., Bulakh E.M., Govorova O.K. Basidiomycetes, in *Fungi of Ussuri River Valley*. Beijing, 2011, pp. 118–293.
  32. *Index Fungorum*. 2021. Available at: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> (accessed: 20.04.2021).
  33. Kiyashko A.A., Malysheva E.F., Antonin V., Svetasheva T.Yu., Bulakh E.M. Fungi of the Russian Far East 2. New species and new records of *Marasmius* (Marasmiaceae, Basidiomycota). *Phytotaxa*, 2014, vol. 186, no. 1, pp. 001–028. DOI: 10.11646/phytotaxa.186.1.1.
  34. Kõljalg U. *Tomentella* (Basidiomycota) and related genera in the temperate Eurasia. *Synopsis Fungorum*, 1996, vol. 9, pp. 1–213.
  35. Kollom A., Parmasto E. *Perenniporia maackiae* (Polypores, Hymenomycetes). *Folia Cryptogamica Estonica*, 1999, vol. 34, pp. 1–7.
  36. Malysheva, V.F., Malysheva, E.F., Bulakh E.M. The genus *Tremella* (Tremellales, Basidiomycota) in Russia with description of two new species and proposal of one nomenclatural combination. *Phytotaxa*, 2015, vol. 238, no. 1, pp. 040–070. DOI: 10.11646/phytotaxa.238.1.2.
  37. Parmasto E. *Phellinus laevigatus* s. l. (Hymenochaetales): a ring species. *Folia Cryptogamica Estonica*, 2007, vol. 43, pp. 39–49.
  38. Parmasto E., Parmasto I. *Phellinus baumii* and related species of the *Ph. linteus* group (Hymenochaetales, Hymenomycetes). *Folia Cryptogamica Estonica*, 2001, vol. 38, pp. 53–62.
  39. Raitviir A. The Tremellaceous fungi of the Far East, in *Living nature of the Far East*. Tallinn: Valgus, 1971, pp. 84–154.
  40. Rebriev Yu.A., Bulakh E.M. *Morganella sosinii* sp. nov. (Agaricaceae) from the Russian Far East. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2015, vol. 49, no. 5, pp. 293–296.
  41. Rebriev Yu.A., Bulakh E.M., Sazanova N.A., Shiryayev A.G. New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 1. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2020, vol. 54, no. 4, pp. 278–287.
  42. Volobuev S., Okun M., Ordynets A., Spirin V. The *Phanerochaete sordida* group (Polyporales, Basidiomycota) in temperate Eurasia, with a note on *Phanerochaete pallida*. *Mycological Progress*, 2015, no. 14:80. DOI: 10.1007/s11557-015-1097-0.

## BASIDIAL MACROMYCETES DIVERSITY IN JEWISH AUTONOMOUS REGION

E.A. Erofeeva

*In the region, the basidial macromycetes studies began in 1961. The bulk of research was concentrated in the mountain-forest zone, while the forests and woodlands of flat areas have been less studied. It was revealed more than 95% of the region's species diversity during the research carried out since 2000 in the Bastak State Nature Reserve. To date, in the region, the researchers have registered 786 species belonging to 303 genera of 101 families from 21 orders of five classes. The predominant class is Agaricomycetes (98% of the total number of species) with the Agaricales, Polyporales and Russulales leading orders. The non-taxonomic group of agaricoid mushrooms is represented by 458 species (58%), aphyllorphoid – 277 species (35%), gasteroid species – 23 (3%), and heterobasidial species – 28 (4%). The predominant ecological groups are xylotrophic (47.5%) and mycorrhizal (24.7%) fungi. Much less abundant are humus saprotrophs (15.5%) and litter saprotrophs (11.1%). There are only few species fruiting on old caps of other mushrooms and co-located with mosses and liverworts, two lichenized species and some species parasitizing on other fungi. There are 18 species of fungi and one lichenized basidiomycete species in the regional Red Data Book. Seven species found in the region are listed in the Red Data Book of the Russian Federation: the *Fomitopsis castanea*, *Ganoderma lucidum*, *Grifola frondosa*, *Leucopholiota lignicola*, *Lichenomphalia hudsoniana*, *Strobilomyces strobilaceus*, and *Porphyrellus porphyrosporus*. The *Gomphus clavatus* is in the monitoring list of Russia.*

**Keywords:** basidial macromycetes, biodiversity, Jewish Autonomous Region, the Russian Far East.

**Reference:** Erofeeva E.A. Basidial macromycetes diversity in Jewish Autonomous Region. *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 4, pp. 3–11. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-3-11.

УДК 599.426(571.621)

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ ЕВРЕЙСКОЙ АВТНОМНОЙ ОБЛАСТИ

Л.В. Фрисман<sup>1</sup>, У.В. Горобейко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,  
e-mail: l.frisman@mail.ru;

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия  
наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,  
пр-кт 100-летия Владивостока 159, г. Владивосток, 690022,  
e-mail: ekz.bio@ya.ru

*Рукокрылые – один из наиболее разнообразных отрядов млекопитающих и в то же время одна из наиболее слабо изученных групп на территории Приамурья и, в частности, Еврейской автономной области, расположенной на левобережье южной излучины Амура между 47°–49° северной широты и 130°–135° восточной долготы. Проведенный сбор и анализ научной информации позволил обобщить данные о находках летучих мышей на территории ЕАО и их видовом разнообразии, привести краткие описания ареалов и образа жизни с учетом значительных изменений, которые претерпевает систематика дальневосточных рукокрылых в последние десятилетия.*

*Несмотря на малое количество находок летучих мышей, отраженных в литературных источниках, фауна рукокрылых Еврейской автономной области характеризуется относительно высоким видовым разнообразием, сопоставимым с таковым на соседних территориях Приамурья (Амурская область и Хабаровский край). Согласно современным представлениям, основанным на классических морфологических и генетических диагностирующих признаках, на территории Еврейской автономной области достоверно обитают девять видов рукокрылых, относящихся к четырем родам семейства Vespertilionidae. На территории ЕАО встречены пять видов рода Myotis (восточная ночница, ночница Иконникова, ночница амурская, ночница сибирская, ночница длиннохвостая), два вида рода Vespertilio (двухцветный кожсан, восточный кожсан) и по одному виду из родов Plecotus (ушан Огнева) и Murina (сибирский трубконос). Также ареалогически возможно ожидать присутствие на данной территории следующих двух видов: Murina ussuriensis (уссурийский трубконос малый) и Eptesicus nilssonii (северный кожсанок).*

**Ключевые слова:** летучие мыши, видовое разнообразие, Приамурье.

**Образец цитирования:** Фрисман Л.В., Горобейко У.В. Видовое разнообразие летучих мышей Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 4. С. 12–24. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-12-24.

### Введение

Рукокрылые – один из древних и наиболее специализированных отрядов млекопитающих. Их ископаемые остатки известны с раннего эоцена. Уникальные адаптации рукокрылых – эхолокация и машущий полет как основной способ передвижения – позволяют им пользоваться ресурсами воздушного пространства, которые недоступны для других млекопитающих. Эти «ночные охотники воздушных пространств», являясь звеном многих трофических цепей, истребляют

огромное количество насекомых, в том числе кровососущих и вредителей сельского хозяйства, а растительоядные виды в тропических регионах являются одними из важнейших опылителей [39, 41, 46, 47, 49, 54]. Рукокрылые чрезвычайно разнообразны, распространены всесветно, за исключением Антарктиды, приполярных областей северного полушария и некоторых островов [14]. В настоящее время это второй по величине (после грызунов) отряд млекопитающих, включающий в себя около 1400 видов [13]. В то же время в силу

особенностей своей биологии и образа жизни рукокрылые – трудно наблюдаемая группа. Большое число их видов фауны России занесены в Красные книги различного уровня, что зачастую отражает не реальное состояние региональных популяций, а недостаточную изученность. Весьма слабая исследованность фауны рукокрылых свойственна большинству регионов России, в том числе регионам Среднего Приамурья. Не обошла эта проблема стороной и Еврейскую автономную область (ЕАО), которая расположена в центральной части юга российского Дальнего Востока между 47°–49° с.ш. и 130°–135° в.д. и занимает левобережье южной излучины Амура. Территория ЕАО характеризуется обилием водных источников. Здесь представлено более пяти тысяч водотоков, множество озер, болот и заболоченных территорий [3]. Все это делает возможным существование огромного количества насекомых – основной пищи летучих мышей. Летучие мыши в ЕАО населяют леса, открытые пространства и обнаруживаются в населенных пунктах. Однако, данные по находкам летучих мышей фрагментарны, до сих пор не обобщены и позволяют лишь приближенно судить об их видовом разнообразии и встречаемости в регионе.

Дополнительные трудности в описании видового разнообразия летучих мышей региона обусловлены проблемами в систематике рукокрылых в целом. Отдельные таксоны рукокрылых испытали в XX и продолжают в XXI веке подвергаться неоднократным переопределениям и переименованиям, что затрудняет сопоставление данных публикаций разного времени. Традиционная систематика рукокрылых во многом построена на морфологических признаках, что в некоторых группах рукокрылых, как правило, в случае небольшого объема исследованного материала, способствовало объединению слабо различающихся по морфологии форм в единый политипический вид [11, 42]. Накопление дополнительно морфологического материала привело в ряде случаев к пересмотру значимости таких внутривидовых различий. Наиболее серьезные изменения претерпела систематика и номенклатура рукокрылых за последние десятилетия в связи с развитием генетических исследований. По результатам комплексного исследования классических морфологических, молекулярно-генетических и кариологических признаков для рукокрылых России был внесен ряд таксономических изменений [11, 42], затрагивающих в том числе некоторые виды, обитающие на территории ЕАО. Пересмотр

систематики зачастую приводит к путанице в видовых названиях и до настоящего времени не во всех литературных источниках по фауне Приамурья отражены данные изменения [8].

Цель настоящей работы – на основе современных литературных и собственных данных провести сбор и анализ научной информации о видовом разнообразии и встречаемости отдельных видов рукокрылых на территории Еврейской автономной области.

### Материалы

Материалом для исследования служили литературные источники по систематике, распространению, биологии и встречаемости рукокрылых ЕАО, а также проведенные в последние годы наблюдения У.В. Горобейко по встречаемости летучих мышей в данном регионе.

### Результаты и обсуждение

Исходя из анализа литературных источников и собственных наблюдений, для территории Еврейской автономной области известны находки следующих видов летучих мышей (рис.).

### Семейство *Vespertilionidae* Gray, 1821 – Гладконосые

#### Восточная ночница *Myotis petax* Hollister, 1912

Летучая мышь средних размеров, длина тела – 42,6–53,7 (47,4) мм, длина предплечья – 36,5–37,8 (37,0) мм, размах крыльев около 240–270 мм. Масса тела 3,9–10,1 (7,4) г. Окраска меха сверху – коричневая или коричнево-бурая с примесью палевых тонов, снизу – белесая, с серыми или палевыми оттенками. Граница между темным верхом и светлым низом обычно довольно отчетлива. Здесь и далее характеристика внешних данных заимствована из [31].

Восточная ночница ранее рассматривалась как группа обитающих восточнее реки Иртыш подвидов широкоареального вида *Myotis daubentonii* Kuhl, 1817 ночница водяная [22, 25]. По современным представлениям, основанным на генетических и морфологических различиях этих форм, группа восточных подвидов выделена в самостоятельный вид [13, 42, 45]. Данный вид обитает в лесной и лесостепной зонах от Алтая до Сахалина и Японии, на юге до Монголии и Кореи, на севере Дальнего Востока России его ареал доходит до южных районов Магаданской области. Восточная ночница, заселяющая юг Дальнего Востока России, кроме Хасанского района Приморского края, относится к подвиду *M. p. ussuriensis* Ognev, 1927 [6, 31].

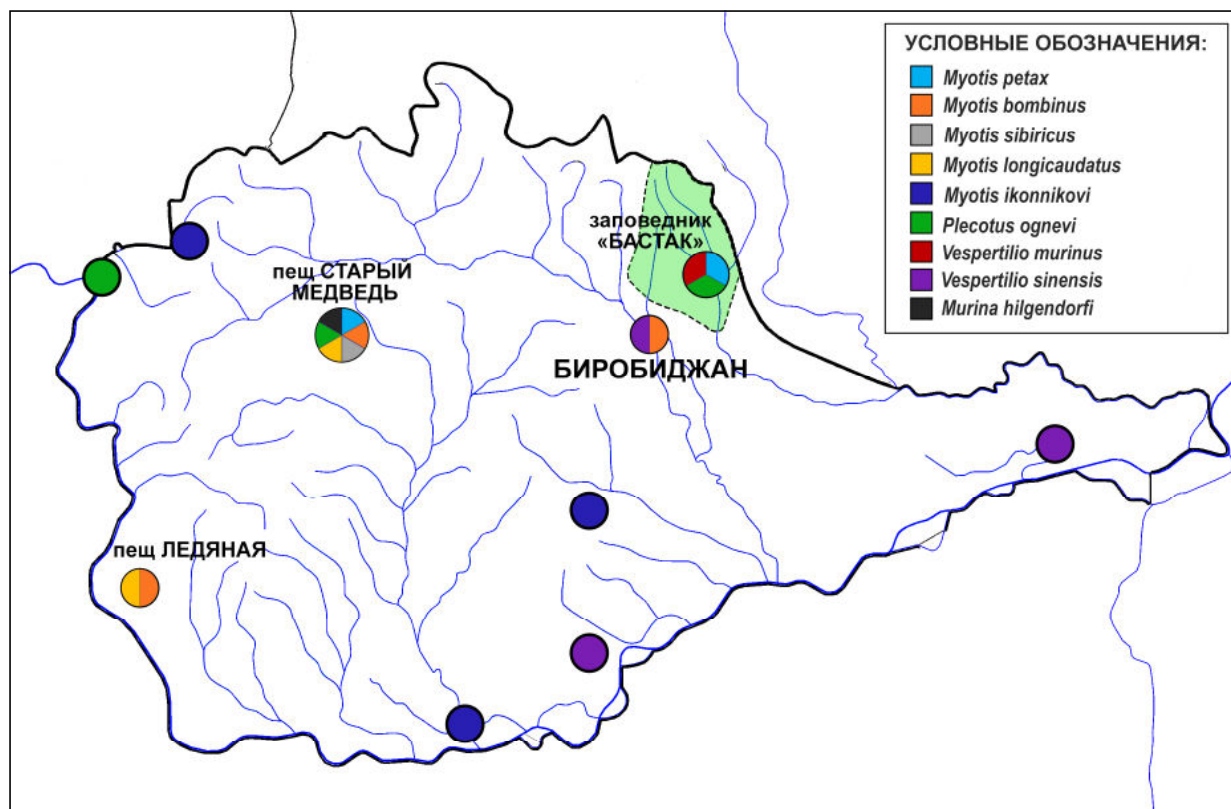


Рис. Локализации находок летучих мышей на территории Еврейской автономной области

Fig. Map of bat species finds localization in the Jewish Autonomous Region

Восточная ночница селится обычно по речным поймам. Убежищами служат дупла деревьев, скальные трещины, пещеры и всевозможные постройки человека от пустот между бетонными блоками под автомобильными мостами до старых и заброшенных зданий [7]. Вылетает на охоту в сумерках. Кормится над водной поверхностью на высоте 5–20 см, большую роль в питании играют водные насекомые и беспозвоночные [31]. В летний период восточная ночница организует как смешанные (самки и самцы), так и однополые (только самки) колонии, может входить в смешанную колонию нескольких видов [17]. Начиная с июня образует выводковые колонии, насчитывающие до нескольких десятков и даже сотен особей. Детёныши появляются на свет в первых числах июля, в конце августа молодые особи *M. petax* уже неотличимы по размерам от взрослых [31, 51]. Зимуют в пещерах, на зимовку обычно улетают на 100–150 км от летних убежищ в середине сентября и возвращаются в начале мая.

На территории ЕАО известны единичные находки. Отмечена на зимовке в пещере «Старый медведь», расположенной в Облученском райо-

не ЕАО [24, 25]. Летние находки представлены единичными экземплярами, отловленными летом 2007–2008 гг. в заповеднике Бастак и обозначенные авторами как ночница водяная [10].

Ночница Иконникова *Myotis ikonnikovi* Ognev, 1912

Одна из самых мелких летучих мышей Дальнего Востока. Длина тела – 37,2–42,4 (40,0) мм, длина предплечья – 29,9–33,2 (31,4) мм. Масса – 2,7–6,8 (4,8) г. Окраска верхней стороны тела тёмно-бурая с золотистым оттенком. Нижняя сторона тела серая, с желтовато-коричневым оттенком. От сходной морфологически сибирской ночницы отличается рисунком вен на межбедренной перепонке, формой пениса и строением зубов. Обитает в горно-таёжных лесах Северо-Восточной Азии от Алтая и предгорий Салаирского кряжа к востоку до Тихоокеанского побережья, на островах Сахалин, Кунашир, в северо-восточной Монголии, Маньчжурии, Северной Корее и Японии (острова Хоккайдо, северная часть Хонсю). На Дальнем Востоке России проникает к северу до 59–61 параллели с.ш.

Большинство находок этого вида по ареалу связано с таёжными либо смешанно-широколиственными лесами. Одиночные особи встречаются на дневках в трещинах скал, под корой деревьев, за обшивкой старых зданий. Охотятся в основном на пограничных участках лесной растительности и открытого пространства на полянах, опушках, просеках, над поверхностью воды и в припойменных зарослях на высоте 3–5 м. В питании доминируют мелкие насекомые отряда Diptera. На Дальнем Востоке России в июне-июле образует выводковые колонии численностью 20–30 особей в дуплах деревьев и на чердаках старых зданий [31].

Ночница Иконникова редкий вид на территории Еврейской автономной области [28]. Одиночные особи отлавливались в Облученском, Ленинском и Биробиджанском районах ЕАО.

Ночница амурская *Myotis bombinus* Thomas, 1905

Летучая мышь средних размеров. Длина тела – 40,0–50,2 (46,0) мм, длина предплечья – 36,4–41,2 (39,2) мм. Масса – 4,4–8,4 (6,3) г. Окраска меха сверху тёмно-коричневая, низ тела палево-белёсый с желтоватым налётом, резко контрастирует с окраской верхней части тела. Отличительная особенность: два ряда коротких жестких щетинок, покрывающие утолщенный край межбедренной перепонки.

Ранее рассматривалась в составе *M. nattereri* [16], от которого отличается морфологически и генетически [52].

Ареал ночницы амурской протяжён от восточной оконечности Восточного Саяна до побережья Японского моря: к северу продвигается до 53 параллели с.ш., к югу доходит до Маньчжурии и Южной Кореи, а также охватывает Сахалин и Японские острова Хоккайдо, Хонсю, Кюсю.

Основные встречи амурской ночницы по ареалу связаны с широколиственными и смешанными лесами. Это единственный вид среди ночниц Дальнего Востока, охотничьи участки которого не имеют тесной связи с водной поверхностью. Охотится, низко летая над растительностью нижних ярусов леса. На кормёжку вылетают в полной темноте. Могут собирать пищу с земли. Основную роль в питании играют бабочки, жуки и двукрылые. Оседлый вид, на зимовку устраивается в пещерах, где, вероятно, происходит спаривание. В летний период известны смешанные колонии с восточной ночницей под старыми автомобильными мостами.

На территории Еврейской автономной об-

ласти редкий вид. Отмечен на зимовке в пещерах Старый Медведь и Ледяная (Октябрьский и Облученский районы ЕАО). В сентябре-октябре 2012 г. два взрослых самца амурской ночницы были отловлены в окрестностях г. Биробиджана. Включён в Красную книгу Еврейской автономной области, выпуски 2004 и 2014 годов [5, 26].

Ночница сибирская *Myotis sibiricus* Kastschenko, 1905

Летучая мышь средних размеров. Длина предплечья – 32,3–38,0 (36,0) мм. Масса – 4,5–12,0 (6,0) г. Окраска меха сверху тёмно-бурая; снизу грязно-серого цвета.

Ночница сибирская морфологически наиболее близка к ночнице Брандта *M. brandtii* и в литературных источниках XX и начала XXI вв. рассматривалась в составе этого вида [19, 25, 38]. Выделена в самостоятельный вид на основании различий по мтДНК [42]. Географическая изменчивость не исследована и требует изучения. Так, популяции Японии и южного Приморья отличаются более мелкими размерами и были описаны как форма *M. b. gracilis* Ognev, 1927, которая иногда рассматривается как самостоятельный вид *Myotis gracilis* [25].

Ночница сибирская обитает в таёжных и смешанных лесах умеренной зоны северной Азии к востоку от Оби до Тихоокеанского побережья. По Охотскому побережью доходит до юга Магаданской области. Обнаружена на Камчатке, Сахалине, Итурупе, Кунашире и Шикотане, в Японии на острове Хоккайдо. Охотится обычно на полянах, просеках и над водой. На охоту вылетает сразу после захода солнца. В летний период поселяется в дуплах и трещинах деревьев, в постройках человека. Зимует в пещерах.

Редкий вид на территории Еврейской автономной области. Одиночная особь обнаружена на зимовке в 2004 г. в пещере Старый Медведь [29].

Ночница длиннохвостая *Myotis longicaudatus* Ognev, 1927

Летучая мышь средних размеров, длина тела – 44,0–49,0 (46,5) мм, длина предплечья – 37,3–39,5 (38,1) мм. Масса – 4,8–7,9 (6,2) г. Дизъюнктивный ареал длиннохвостой ночницы представлен двумя обширными материковыми территориями: а) горы юга Сибири от Северной Монголии, Алтая и Салаирского кряжа до Байкала и б) юг Дальнего Востока России на восток от р. Бурея до Японского моря, а также северо-восточный Китай и Корея. Кроме того, данный вид отмечен на островах Сахалин, Хоккайдо и на севере острова Хонсю. Ранее длиннохвостую ноч-

ницу рассматривали в составе *M. frater* G. Allen, 1923, населяющего юго-восток Китая и Тайвань [25]. Недавно показано, что *M. frater* cf. *lato* представляет собой целый комплекс видов, включающий собственно *M. frater* s.str., *M. longicaudatus* и *M. Bucharensis* [40, 48].

Большая часть находок длиннохвостой ночницы приходится на смешанные леса. В летний период отдельные особи этих ночниц отлавливались на чердаках старых зданий. На кормежку вылетают в полной темноте и охотятся над водной поверхностью на высоте 1–2 м. На зимовках в пещерах встречаются единичные особи этого вида.

На Дальнем Востоке России это очень редкий вид, находящийся на северном пределе своего распространения, занесён в Красную книгу ЕАО [27]. Единичные экземпляры длиннохвостой ночницы встречены на зимовках в пещерах Ледяная, Коридорная, Старый Медведь [24].

Кожан двухцветный – *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758

Летучая мышь средних размеров, длина тела – 52,7–63,7 (56,8) мм, длина предплечья – 41,0–48,5 (43,7) мм. Масса – 7,0–16,1 (10,4) г. Окраска меха сверху – коричнево-чёрная с серебристым оттенком; снизу – желтовато-серая.

Распространён в умеренном и субтропическом поясах Евразии от Европы через Переднюю и Центральную Азию, Южную Сибирь и Монголию до Дальнего Востока России и северо-востока Китая, о-в Сахалин, а также Хоккайдо и Хонсю (Япония) [13].

Синантропный вид. Заселяет различные ландшафты, включая антропогенные. В лесу встречается по долинам рек и вблизи морского побережья. Хотя может устраивать убежища в дуплах и трещинах скал, предпочитает постройки человека.

Охотится на летающих насекомых (комары, ручейники, и т. д.). Двухцветные кожаны мигрируют, известны случаи перелётов на расстояния до 900 км [14]. В период с октября по март впадают в спячку. На Дальнем Востоке России зимуют одиночные молодые особи в постройках человека, основная часть мышей улетает осенью и зимует южнее.

На территории ЕАО единичный экземпляр был отловлен в заповеднике Бастак [10].

Кожан восточный *Vespertilio sinensis* (Peters, 1880).

Летучая мышь средних размеров, среди рукокрылых Дальнего Востока России – самый крупный вид. Длина тела – 63,2–74,3 (69,2) мм,

длина предплечья – 47,3–53,8 (49,9) мм. Масса – 14,1–19,4 (16,6) г. Окраска меха сверху – коричнево-рыжая с серебристым оттенком из-за светлоокрашенных кончиков волос; снизу – желтовато-серая. От родственного вида двухцветного кожана отличается более массивными размерами и числом пар сосков у самок. Вид распространён в Восточной Азии примерно от 103-го меридиана к востоку до Тихоокеанского побережья. На Дальнем Востоке России северная граница ареала проходит по 50–51-й параллели с.ш. К югу обитает до центрального и юго-восточного Китая (провинции Сычуань и Фуцзянь), Кореи, на островах Хоккайдо, Хонсю, Кюсю, Оцукуэ (Япония) и Тайвань.

На территории Дальнего Востока России восточные кожаны обнаружены только в тёплое время года. Весенний прилёт отмечен во второй половине мая, отлёт – в конце сентября. В питании предпочитают жесткокрылых насекомых. Охотятся на открытых пространствах на большой высоте. Все обнаруженные колонии состояли только из размножающихся самок. Известно лишь несколько находок одиночных самцов, располагавшихся отдельно от самок. Для этого вида характерно образование колоний различного размера: от десятков до двух-трех тысяч особей [17, 20].

Кожан восточный на территории ЕАО – редкий перелётный вид, находящийся на северной границе своего ареала. Все находки восточного кожана здесь связаны с постройками человека – на чердаках старых зданий, под старыми мостами. Первый экземпляр восточного кожана на территории ЕАО обнаружен в с. Кукелево Ленинского района в 1940 году [16]. Более поздние наблюдения также локализованы вдоль Амура и в окрестностях г. Биробиджана [31]. Отдельные колонии в области достигают численности до 100 взрослых особей [30].

Ушан сибирский (Огнёва) *Plecotus ognevi* Kishida, 1927

Летучая мышь средних размеров. Длина тела – 42,0–55,0 (48,8) мм, длина предплечья – 37,0–43,4 (40,1) мм, масса – 5,5–14,0 (8,2) г. Окраска меха сверху – светло-коричневая; снизу – палево-серая с желтоватым оттенком. У молодых особей окраска более тёмная с преобладанием серых тонов. Ушаны хорошо отличаются от остальных дальневосточных рукокрылых выдающимися ушами, почти равными по длине предплечью.

В списках видов большинства литературных источников для фауны Дальнего Востока России, см., например, [22], и в списках всех заповедников Среднего Приамурья [8] до настоящего



го времени присутствует бурый (обыкновенный) ушан. В действительности ареал *Plecotus auritus* Linnaeus, 1758 ограничен европейской частью России [13, 23]. В Азии от Алтая до Тихоокеанского побережья с прилежащими крупными островами (Шантарские о-ва, о-в Сахалин и о-в Итуруп) распространён ушан Огнёва (сибирский) *Plecotus ognevi* Kishida, 1927 – генетически надёжно обособленный вид [13, 42, 50]. Ареал второго дальневосточного вида ушанов, *Plecotus sacrimontis* Gl. Allen, 1908, описанного с о. Хонсю, гора Фудзияма, ограничен только островами Кунашир, Хоккайдо, Хонсю, Сикоку, Кюсю [50].

Ушан сибирский населяет как смешанные и таёжные леса, так и лесостепи и даже сухие степи (при наличии подходящих убежищ). На днёвку предпочитает устраиваться в разнообразных полостях в деревьях, пещерах, гротах, на чердаках зданий. Зимует в штольнях, пещерах, скальных трещинах и в постройках человека. Выводковые колонии небольшие, обычно 3–10 самок, самцы держатся обособленно. Живет до 30 лет. Питается насекомыми, которых как собирает с растительности, так и ловит в воздухе. Вылетает на охоту в густых сумерках. Охотится обычно на небольшой и средней высоте. Полёт обычно медленный, очень маневренный, может зависать на месте.

В Еврейской автономной области небольшие группы ушана были неоднократно отмечены в конце лета в разреженных лиственных лесах заповедника Бастак, в частности, самец этого вида был пойман паутиной сетью над рекой Бастак одним из авторов настоящей публикации в начале июля 2014 г. В конце октября 2017 г. там же была обнаружена тушка взрослого самца ушана. Единичный экземпляр ушана был отловлен в сентябре 1967 г. в районе с. Пашково Облученского района [32]. Судя по костным остаткам в экскрементах соболя в карстовой пещере Старый медведь, Облученский р-н ЕАО, сибирский ушан является наиболее массовым видом летучих мышей в данном районе [25].

Большой (сибирский) трубконос *Murina hilgendorfi* (Peters, 1880)

Летучая мышь средних размеров с широкими крыльями и длинным взлохмаченным мехом. Длина тела – 49,7–60,2 (54,0) мм, длина предплечья – 37,8–44,0 (40,7) мм. Масса – 7,2–13,0 (10,6) г. Окраска меха спины серо-бурая с рыжеватым оттенком, кончики волос светлые. Нижняя часть тела светло-серая. Ноздри вытянуты в небольшие трубочки, межбедренная перепонка часто покрыта сверху шерстью.

Сибирского трубконоса долгое время включали в состав вида большой трубконос *Murina leucogaster* Milne-Edwards, 1872, описанного из Китая (Сычуань). Сейчас *M. hilgendorfi* признан самостоятельным, хотя и близким *M. leucogaster* видом. Данные по морфологии черепа, а также молекулярные данные позволяют отнести трубконосов Сибири и Дальнего Востока к подвидам *M. hilgendorfi*, однако взаимоотношения с номинативной формой *hilgendorfi* из Японии требуют уточнения [13, 55]. *M. hilgendorfi* обитает от Алтая до Сахалина и Японии, на юг до северной Монголии, северо-восточного Китая и Кореи. Выделяют до четырёх подвидов, на Дальнем Востоке России обитает один подвид *M. h. ognevi* Bianchi, 1916.

В распространении сибирский трубконос привязан к лесам, на открытых местах практически не встречаются. Полёт медленный, порхающий, очень маневренный. Способен летать в густых зарослях, между ветками или стеблями крупных трав. Хорошо бегаёт по земле.

Биология *M. hilgendorfi* остаётся мало изученной. Основной причиной этого является относительная редкость находок вида. До сих пор весьма скудны сведения о летних убежищах трубконосов и их поведении в естественных кормовых станциях; остаются открытыми вопросы о сроках и динамике миграционной активности, дальности совершаемых трубконосами миграций. Установлено, что трубконосы зимуют в пещерах или подземных полостях, в начале осени предпочитают прятаться в труднодоступных трещинах у входной части полости. Массовые скопления до нескольких сотен особей можно наблюдать на стенках пещеры ближе к февралю, когда трубконосы переселяются вглубь пещеры.

На территории ЕАО сибирский трубконос был встречен в пещере Старый медведь [25].

Юг Дальнего востока России является северной оконечностью ареала трубконоса малого (уссурийского) *Murina ussuriensis* Ognev, 1913. Этот вид до настоящего времени не отмечен на территории Еврейской автономии. В то же время находки уссурийского трубконоса известны для материковой территории юга Дальнего востока от юга Приморского края к северу до широты Комсомольска-на-Амуре [9, 31]. Можно ожидать присутствие этого вида в участках хвойно-широколиственных и производных от них лесов, существующих на хребтах Помпеевский, Сутарский, Шухи-Поктой, на юге хребта Малый Хинган и Буреинского хребта [21]. Также на территории ЕАО возможны находки северного кожанка *Eptesicus*

*nilssoni* (Keyserling et Blasius, 1839), населяющего соседние регионы: Хабаровский край и Амурскую область [31].

Суммируя приведённые данные, следует отметить, что территория ЕАО характеризуется минимальным количеством отражённых в литературных источниках находок летучих мышей при видовом разнообразии, лишь незначительно уступающем таковому в обширных, в разы превышающих ЕАО по площади, соседних территориях Приамурья (Амурская область и Хабаровский край). Судя по накопленным к настоящему времени данным, фауна отряда рукокрылые Chiroptera Еврейской автономной области достоверно включает 9 видов из 11 известных для территории Приамурья [31].

Наибольшее видовое разнообразие в список летучих мышей ЕАО, как и всего Приамурья, поставляет род ночницы – *Myotis* Kaup, 1829. На территории ЕАО встречены представители пяти видов этого рода: восточная ночница, ночница Иконникова, ночница амурская, ночница сибирская, ночница длиннохвостая. Кроме того, в Еврейской автономии обитают представители двух видов рода *Vespertilio* Linnaeus, 1758 (двухцветные кожаны), а также по одному виду из рода *Plecotus* E. Geoffroy, 1818 (ушаны) и рода *Murina* Gray, 1842 (трубконосы). Из перечисленных видов ночницы, ушаны и трубконосы ведут оседлый образ жизни и предпочитают лесные биотопы, в то время как кожаны населяют антропогенные местообитания и совершают сезонные миграции [15].

Летучие мыши, как и грызуны, являются природными резервуарами многих потенциально опасных зоонозных заболеваний. Доказана связь рукокрылых с некоторыми штаммами лиссавирусов [4, 36, 43, 44], буньявирусов [1, 2, 34, 53] и коронавирусов [33, 35, 43]. В то же время важно отметить, что случаи прямой передачи вирусов от рукокрылых к человеку крайне редки: известны единичные заражения людей бешенством из-за укусов летучих мышей, в том числе и на Дальнем Востоке России [4, 43, 44]. Хотя рукокрылые толерантны к большинству вирусов, циркулирующих в их природных популяциях [37], в силу особенностей своего образа жизни летучие мыши являются довольно уязвимыми животными и часто страдают от последствий человеческой деятельности.

Большинство обитающих на территории ЕАО летучих мышей являются представителями лесной фауны. Продолжающееся активное разрушение лесных массивов в процессе хозяйственной деятельности человека изменяет среду обита-

ния летучих мышей, что в свою очередь приводит к уменьшению видового разнообразия, давая преимущество синантропным видам, либо уничтожая другие виды, либо заставляя их осваивать антропогенные биотопы. Этот процесс хорошо заметен по находкам лесных видов в нетипичных для них убежищах: человеческих постройках, чердаках, заброшенных зданиях, балках мостов, подъездах домов и т. д. Активное вторжение человека в природу приводит к объединению жизненных пространств человека и летучих мышей. Понимание возможных результатов такого процесса требует целенаправленного и тщательного исследования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альховский С.В., Львов Д.К., Щелканов М.Ю., Щетинин А.М., Дерябин П.Г., Самохвалов Е.И., Гительман А.К., Ботиков А.Г. Таксономия вируса Иссык-Куль (Issyk-Kul virus, iSKV; bunyaviridae, Nairovirus), возбудителя Иссык-Кульской лихорадки, изолированного от летучих мышей (*Vespertilionidae*) и клещей *Argas (Carios) vespertilionis* (Latreille, 1796) // Вопросы вирусологии. 2013. Т. 58, № 5. С. 11–15.
2. Альховский С.В., Львов Д.К., Щелканов М.Ю., Дерябин П.Г., Щетинин А.М., Самохвалов Е.И., Аристов В.А., Гительман А.К., Ботиков А.Г. Генетическая характеристика вируса Узун-Агач (UZAV – Uzun-Agach virus) (Bunyaviridae, Nairovirus), изолированного в Казахстане от остроухой ночницы *Myotis blythii oxygnathus* Monticelli, 1885 (Chiroptera; Vespertilionidae) // Вопросы вирусологии. 2014. Т. 59, № 5. С. 23–26.
3. Аношкин А.В., Зубарев В.А., Потурай В.А. Внутренние воды // География Еврейской автономной области: общий обзор: [электронный ресурс] / отв. ред. Е.Я. Фрисман. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. С. 51–80. URL: <http://icarp.su/konferens/monografii/geografiya-eao/index.php> (дата обращения: 20.10.2021).
4. Ботвинкин А.Д. Смертельные случаи заболевания людей бешенством в Евразии после контактов с рукокрылыми: обзор литературы // *Plecotus et al.* 2011. Т. 14. С. 75–86.
5. Горобейко В.В., Ростов В.В., Ростова С.А. Восточный кожан // Красная книга Еврейской автономной области: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных / отв. ред. В.В. Горобейко. Хабаровск: РИО-ТИП, 2004. С. 7–9.
6. Горобейко У.В., Шереметьева И.Н., Казаков Д.В. Краниометрическая изменчивость восточной ночницы *Myotis petax* Hollister, 1912

- (Vespertilionidae, Chiroptera) на юге Дальнего Востока России // Биота и среда природных территорий. 2021. № 3. С. 71–87. DOI: 10.37102/2782-1978\_2021\_3\_5.
7. Кадетова А.А., Мельникова Ю.А. Хинганский заповедник (Амурская область) как опорная территория для изучения летучих мышей Среднего Приамурья // *Plecotus et al.* 2018. Т. 21. С. 35–56.
  8. Кадетова А.Л., Мельникова Ю.Л., Карлюк А.Л. Итоги и перспективы изучения фауны летучих мышей Среднего Приамурья // Биogeография: материалы Московского городского отделения Русского географического общества. 2015. № 19. С. 73–95.
  9. Казаков Д.В., Горобейко У.В. Новая находка уссурийского трубконоса (*Murina ussuriensis*) в Приамурье и обзор известных аспектов экологии вида // *Plecotus et al.* 2018. Т. 21. С. 79–83.
  10. Капитонова Л.В., Аверин А.А., Ростова С.А. Фауна млекопитающих заповедника Бастак // Животный мир заповедника «Бастак». Благовещенск: БГПУ, 2012. С. 208–215.
  11. Каргавцева И.В., Горобейко У.В., Тиунов М.П. Современное состояние хромосомных исследований рукокрылых (Chiroptera) Дальнего Востока России // Зоологический журнал. 2014. Т. 93, № 7. С. 87–90.
  12. Кожурина Е.И. Конспект фауны рукокрылых России: систематика и распространение // *Plecotus et al.* 2009. № 11-12. С. 71–105.
  13. Крускоп С.В. Отряд Chiroptera // Млекопитающие России: систематико-географический справочник / ред. И.Я. Павлинов, А.А. Лисовский. М.: Т-во научных изданий КМК, 2012. С. 73–126.
  14. Крускоп С.В. Отряд Chiroptera // Разнообразие млекопитающих: учебное пособие. М.: Т-во научных изданий КМК. 2004. Т. 1. С. 307–369.
  15. Крускоп С.В. Летучие мыши: происхождение, места обитания, тайны образа жизни. М.: Фитон, 2021. 255 с.
  16. Кузякин А.П. Летучие мыши: систематика, образ жизни и польза для сельского и лесного хозяйства. М.: Сов. наука, 1950. 443 с.
  17. Охотина М.В., Федоров А.Ю. Колониальные виды летучих мышей Приморского края // Экология и зоогеография некоторых позвоночных суши Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 126–136.
  18. Павлинов И.Я., Крускоп С.В., Варшавский А.А. Борисенко А.В. Наземные звери России: справочник-определитель. М.: Т-во научных изданий КМК, 2002. 275 с.
  19. Павлинов И.Я., Россолимо О.Л. Систематика млекопитающих СССР: сборник трудов Зоологического музея МГУ. М.: МГУ, 1987. Т. 25. 253 с.
  20. Росина В.В. Рукокрылые Лазовского заповедника и близлежащих территорий (Южное Приморье) // *Plecotus et al.* 2007. № 10. С. 62–74.
  21. Рубцова Т.А., Фетисов Д.М., Голунов А.Н. Растительный покров. Геоботаническое районирование // География Еврейской автономной области: общий обзор: [электронный ресурс] / отв. ред. Е.Я. Фрисман. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. С. 98–120. URL: <http://icarp.su/konferens/monografii/geografiya-eao/index.php> (дата обращения: 20.10.2021).
  22. Стрелков П.П. Отряд Chiroptera Blumenbach, 1779 – Рукокрылые // Каталог млекопитающих СССР. Плиоцен-современность / ред. И.М. Громов, Г.И. Баранова. Л.: Наука, 1981. С. 31–53.
  23. Стрелков П.П. Кризис политипической концепции вида на примере рода *Plecotus* // *Plecotus et al.* 2006. № 9. С. 3–7.
  24. Тиунов М.П. Зимующие рукокрылые (Chiroptera) юга Дальнего Востока СССР // Зоологический журнал. 1985. Т. 64, № 10. С. 1595–1599.
  25. Тиунов М.П. Рукокрылые Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1997. 134 с.
  26. Тиунов М.П., Горобейко У.В. Амурская ночница *Myotis bombinus* Thomas, 1905 // Красная книга Еврейской автономной области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Биробиджан: Изд. дом «Биробиджан», 2014. С. 145–146.
  27. Тиунов М.П., Горобейко У.В. Ночница длиннохвостая *Myotis frater* Gl. Allen, 1923 // Красная книга Еврейской автономной области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Биробиджан: Изд. дом «Биробиджан», 2014. С. 146–147.
  28. Тиунов М.П., Горобейко У.В. Ночница Иконникова *Myotis («Leuconoe») ikonnikovi* Ognev, 1912 // Красная книга Еврейской автономной области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Биробиджан: Изд. дом «Биробиджан», 2014. С. 147.
  29. Тиунов М.П., Горобейко У.В. Ночница уссурийская *Myotis gracilis* Ognev, 1927 // Красная книга Еврейской автономной области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Биробиджан: Изд. дом «Биробиджан», 2014. С. 148.

30. Тиунов М.П., Горобейко У.В. Кожан восточный *Vespertilio sinensis* (Peters, 1899) // Красная книга Еврейской автономной области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Биробиджан: Изд. дом «Биробиджан», 2014. С. 149.
31. Тиунов М.П., Крускоп С.В., Орлова М.В. Рукокрылые Дальнего Востока России и их эктопаразиты. М.: Перо, 2021. 191 с.
32. Чернолих Л.Л. Млекопитающие Хинганского заповедника // Вопросы географии Дальнего Востока. Зоогеография. Хабаровск: Кн. изд-во, 1973. Вып. 11. С. 126–136.
33. Щелканов М.Ю., Попова А.Ю., Дедков В.Г., Акимкин В.Г., Малеев В.В. История изучения и современная классификация коронавирусов (Nidovirales: Coronaviridae) // Инфекция и иммунитет. 2020. Т. 10, № 2. С. 221–246.
34. Яшина Л.Н., Сметанникова Н.А., Компанец Г.Г., Здановская Н.И., Иванов Л.И. Молекулярная эпидемиология патогенных хантавирусов на Дальнем Востоке России, 2015-2018 гг. // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 4. С. 102–108. DOI: 10.21055/0370-1069-2019-4-102-108.
35. Boni M.F., Lemey P., Jiang X., Lam T.T.-Y., Perry B.W., Castoe T.A., Rambaut A., Robertson D.L. Evolutionary origins of the SARS-CoV-2 sarbecovirus lineage responsible for the COVID-19 pandemic // Nat. Microbiol. 2020. Vol. 5. P. 1408–1417. DOI: 10.1038/s41564-020-0771-4.
36. Botvinkin A.D., Poleschuk E.M., Kuzmin I.V., Borisova T.I., Gazaryan S.V., Yager P., Rupprecht C.E. Novel lyssavirus isolated from bats in Russia // Emerging Infection Disease. 2003. Vol. 9. P. 1623–1625.
37. Brook C.E., Boots M., Chandran K., Dobson A.P., Drosten C., Graham A.L., Grenfell B.T., Müller M.A., Ng M., Wang L.-F., van Leeuwen A. Accelerated viral dynamics in bat cell lines, with implications for zoonotic emergence // eLife. 2020. N 9. e48401.
38. Corbet G.B. The mammals of the Palaearctic region: A taxonomic review. London: Cornell University Press, 1978. 314 p.
39. Kalka M.B., Smith A.R., Kalko E.K.V. Bats Limit Arthropods and Herbivory in a Tropical Forest // Science. 2008. Vol. 320, N 5872. P. 71.
40. Kazakov D.V., Artyushin I.V., Khabilov T.K., Tadzhibaeva D.E., Kruskop S.V. Back to life and to taxonomy: new record and reassessment of *Myotis bucharensis* (Chiroptera: Vespertilionidae) // Zootaxa. 2020. T. 4878, N 1. P. 129–144.
41. Kemp J., López-Baucells A., Rocha R., et al. Bats as potential suppressors of multiple agricultural pests: A case study from Madagascar // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2019. Vol. 269. P. 88–96.
42. Kruskop S.V., Borisenko A.V., Ivanova N.V., Lim B.K., Eger J.L. Genetic diversity of north-eastern Palaearctic bats as revealed by DNA barcodes // Acta Chiropterologica. 2012. Vol. 14, N 1. P. 1–14.
43. Kuzmin I.V., Bozick B., Guagliardo S.A., Kunkel R., Shak J.R., Tong S., Rupprecht C.E. Bats, emerging infectious diseases, and the rabies paradigm revisited // Emergency Health Threats Journal. 2011. Vol. 4. P. 7159.
44. Leonova G.N., Somova L.M., Belikov S.I., Kondratov I.G., Plekhova N.G., Krylova N.V., Pavlenko E.V., Tiunov M.P. & Tkachev S.E. The Fatal Case of Lyssavirus Encephalitis in the Russian Far East Encephalitis / ed. Dr. Sergey Tkachev // InTech. 2013. P. 231–250.
45. Matveev V.A., Kruskop S.V., Kramerov D.A. Revalidation of *Myotis petax* Hollister, 1912 and its new status in connection with *M. daubentonii* (Kuhl, 1817) (Vespertilionidae, Chiroptera) // Acta Chiropterologica. 2005. Vol. 7, N 1. P. 23–374.
46. Maine J.J., Boyles J.G. Bats initiate vital agroecological interactions in corn // PNAS. 2015. Vol. 112. P. 12438–43.
47. Ramírez-Fráncel L.A., García-Herrera L.V., Losada-Prado S., Reinoso-Flórez G., Sánchez-Hernández A., Estrada-Villegas S., Lim B.K., Guevara G. Bats and their vital ecosystem services: a global review // Integr Zool. 2021. May 18. DOI: 10.1111/1749-4877.12552.
48. Ruedi M., Csorba G., Lin L.K., Chou C.H. Molecular phylogeny and morphological revision of *Myotis* bats (Chiroptera: Vespertilionidae) from Taiwan and adjacent China. Epub ahead of print. PMID: 34003577 // Zootaxa. 2015. Vol. 3920, N 1. P. 301–342. DOI:10.11646/zootaxa.3920.2.6.
49. Russo D., Bosso L., Ancillotto L. Novel perspectives on bat insectivory highlight the value of this ecosystem service in farmland: Research frontiers and management implications // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2018. Vol. 266. P. 31–38.
50. Spitzenberger F., Strelkov P.P., Winkler H., Haring E. A preliminary revision of the genus *Plecotus* (Chiroptera, Vespertilionidae) based on genetic and morphological results // Zoologica Scripta. 2006. Vol. 35, N 3. P. 187–230. DOI: 10.1111/j.1463-6409.2006.00224.x.

51. Tiunov M.P., Makarikova T.A. Seasonal molting in *Myotis petax* (Chiroptera) in the Russian Far East // *Acta Chiropterologica*. 2007. Vol. 9, N 2. P. 538–541. DOI: 10.3161/1733-5329(2007)9[538:SMIMPC]2.0.CO;2.
52. Topal G. A new mouse-eared bat species, from Nepal, with statistical analyses of some other species of subgenus *Leuconoe* (Chiroptera: Vespertilionidae) // *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 1997. Vol. 43, N 4. P. 375–402.
53. Walker P.J., Widen S.G., Firth C., Blasdel K.R., Wood T.G., Travassos da Rosa A.P., Guzman H., Tesh R.B., Vasilakis N. Genomic characterization of Yogue, Kasokero, Issyk-Kul, Keterah, Gossas, and Thiafora Viruses: nairoviruses naturally infecting bats, shrews, and ticks // *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2015. Vol. 93. P. 1041–1051.
54. Williams-Guillen K., Perfecto I., Vandermeer J. Bats limit insects in a neotropical agroforestry system // *Science*. 2008. Vol. 320, N 5872. P. 70. doi:10.1126/science.1152944.
55. Yoshiyuki M. A Systematic study of the Japanese Chiroptera. Tokyo: National Science Museum, 1989. 242 p. DOI: <https://ci.nii.ac.jp/naid/110006684308>.
- REFERENCES:
1. Alkhovskii S.V., L'vov D.K., Shchelkanov M.Yu., Shchetinin A.M., Deryabin P.G., Samokhvalov E.I., Gitelman A.K., Botikov A.G. The taxonomy of the Issyk-Kul virus (ISKV, Bunyaviridae, Nairovirus), the etiologic agent of the Issyk-Kul fever isolated from bats (Vespertilionidae) and ticks *Argas (Carios) vespertilionis* (Latreille, 1796). *Voprosy virusologii*, 2013, vol. 58, no. 5, pp. 11–15. (In Russ.).
2. Alkhovskii Genetic characterization of the Uzun-Agach virus (UZAV, Bunyaviridae, Nairovirus), isolated from bat *Myotis blythii oxygnathus* Monticelli, 1885 (Chiroptera; Vespertilionidae) in Kazakhstan. *Voprosy virusologii*, 2014, vol. 59, no. 5, pp. 23–26. (In Russ.).
3. Anoshkin A.V., Zubarev V.A., Poturay V.A. Inland water, in *Geografiya Evreiskoy avtonomnoi oblasti* (A Geography of Jewish Autonomic Region: Overview). Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018, pp. 51–80. Available at: <http://icarp.su/konferens/monografii/geografiya-eao/index.php> (accessed: 20.10.2021). (In Russ.).
4. Botvinkin A.D. Fatal human cases of rabies in Eurasia after contacts with bats. (Review of the literature) *Plecotus et al.*, 2011, vol. 14, pp. 78–86. (In Russ.).
5. Gorobeiko V.V., Rostov V.V., Rostova S.A. Eastern Particoloured Bat, in (Red Data Book of the Jewish Autonomous Region), Gorobeiko V.V., Ed. Khabarovsk: RIOTIP Publ., – (In Russ.).
6. Gorobeyko U.V., Scheremetyeva I.N., Kazakov D.V. Craniological variability of Eastern water bat *Myotis petax* Hollister, 1912 (Vespertilionidae, Chiroptera) on the Southern Russian Far East. *Biota i sreda prirodnich territoriy*, 2021, no. 3, pp. 71–87. (In Russ.).
7. Kadetova A.A., Melnikova J.A. Khingansky Nature Reserve (Amur Region) as a key territory for bat studies in the Middle Amur River region. *Plecotus et al*, 2018, vol. 21, pp. 35–56. (In Russ.).
8. Kadetova A.A., Melnikova J.A., Karlyuk A.A. Results and prospects of the bats' (Chiroptera) fauna research in the Middle Amur River region, in *Biogeografiya: materialy Moskovskogo gorodskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva* 2015, no. 19, pp. 73–95. (In Russ.).
9. Kazakov D.V., Gorobeiko U.V. New record of the Ussurian tube-nosed bat (*Murina ussuriensis*) in Priamurye with a review of the species ecology. *Plecotus et al.*, 2018, vol. 21, pp. 79–83. (In Russ.).
10. Kapitonova L.V., Averin A.A., Rostova S.A. Fauna of Mammals of the Bastak Reserve, in *Zhivotnyi mir zapovednika Bastak* (Fauna of Bastak Nature Reserve. Blagoveshchensk: BSPU, 2012. (In Russ.).
11. Kartavtseva I.V., Gorobeiko U.V., Tiunov M.P. The current status of chromosomal investigations of bats (Chiroptera) from the Russian Far East. *Zoologicheskii Zhurnal*, 2014, vol. 93, no. 7, pp. 87–90. (In Russ.).
12. Kozhurina E.I. Conspectus of the Russian bat fauna: systematics and distribution. *Plecotus et al.*, 2009, no. 11–12, pp. 71–105. (In Russ.).
13. Kruskop S.V. Order Chiroptera Blumenbach, 1779, in *Mlekovpitayushchie Rossii: sistematiko-geograficheskii spravochnik* (The mammals of Russia: A Taxonomic and Geographic Reference), Pavlinov I.Ya., Lissovsky A.A., Ed. Moscow: KMK scientific press Ltd, 2012, pp. 73–126.
14. Kruskop S.V. Order Chiroptera, in *Raznoobrasie mlekovpitayushchikh: uchebnoe posobie* (Diversity of mammals). Moscow: KMK scientific press Ltd., 2004, vol. 1, pp. 307–369. (In Russ.).

15. Kruskop S.V. *Letuchie myshi: Proiskhozhdenie, mesta obitaniya, tainy obraza zhyzni* (Bats: Origin, Habitat, Lifestyle Mysteries). Moscow: Fiton Publ., 2021, 255p. (In Russ.).
16. Kuzyakin A.P. *Letuchie myshi: sistematika, obraz zhyzni i pol'za dlya selskogo i lesnogo khozyaistva* (Bats: systematics, Lifestyle and Benefits for Agriculture and Forestry). Moscow: Sovetskaya nauka Publ., 1950, 443 p. (In Russ.).
17. Ochotina M.V., Fedorov A.Yu. Colonial bat species of Primorsky Krai, in *Ecologiya i zoogeografiya nekotorykh pozvonochnykh sushi Dalnego vostoka* (Ecology and zoogeography of some vertebrates in the Far East). Vladivostok: DVO RAN Publ, 1978, pp. 126–136. (In Russ.).
18. Pavlinov I.Ya., Kruskop S.V., Varshavskii A.A., Borisenko A.V. *Nazemnye zveri Rossii: spravochnic-opredelitel'* (Land animals of Russia: directory–determinant). Moscow: KMK scientific press Ltd, 2002. 275 p. (In Russ.).
19. Pavlinov I.Ya., Rossolimo O.L. *Sistematika mlekopitayuschikh SSSR: sbornic trudov Zoologicheskogo museya MGU* (archives of zoological museum Moscow state university). Moscow: MSU, 1987, vol. 25. 253 p. (In Russ.).
20. Rossina V.V. Bats of Lazovsky Reserve and adjacent territories (South Primorye). *Plecotus et al.*, 2007, no.10, pp. 62–74. (In Russ.).
21. Rubtsova T.A., Fetisov D.M., Galunov A.N. Vegetation cover. Geobotanical zoning, in *Geografiy Evreiskoy avtonomnoi oblasti* (A Geography of Jewish Autonomic Region: Overview). Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018, pp. 98–120. Available at: <http://icarp.su/konferens/monografii/geografiya-eao/index.php> (accessed: 20.10.2021). (In Russ.).
22. Strelkov P.P. Order Chiroptera, in *Katalog mlekopitayushchikh SSSR. Pliotsen-sovremennost'* (Catalogue of mammals of the USSR. Pliocene-present), Gromov I.M., Baranova G.I., Eds. Leningrad: Nauka Publ., 1981, pp. 31–53. (In Russ.).
23. Strelkov P.P. The crisis of the polytypic species concept as illustrated by the genus *Plecotus*. *Plecotus et al.*, 2006, vol. 9, pp. 3–7. (In Russ.).
24. Tiunov M.P. Wintering Chiroptera in the south of the Far East. *Zoologicheskii zhurnal*, 1985, vol. 64, no. 10, pp. 1595–1599. (In Russ.).
25. Tiunov M.P. *Rukokrylye Dal'nego Vostoka Rossii* (Bats of the Russian Far East). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 1997. 134 p. (In Russ.).
26. Tiunov M.P., Gorobeyko U.V. Amur Bat *Myotis bombinus* Thomas, 1905, in (Red Data Book of the Jewish Autonomous Region), Gorobeiko V.V., Ed. Birobidzhan: Birobidzhan Publishing House, 2014, pp. 145–146. (In Russ.).
27. Tiunov M.P., Gorobeyko U.V. Long-tailed Bat *Myotis frater* Gl. Allen, 1923, in (Red Data Book of the Jewish Autonomous Region), Gorobeiko V.V., Ed. Birobidzhan: Birobidzhan Publishing House 2014, 146–147. (In Russ.).
28. Tiunov M.P., Gorobeyko U.V. Ikonnikov's bat *Myotis («Leuconoe») ikonnikovi* Ognev, 1912, in (Red Data Book of the Jewish Autonomous Region), Gorobeiko V.V., Ed. Birobidzhan: Birobidzhan Publishing House, 2014, pp. 147. (In Russ.).
29. Tiunov M.P., Gorobeyko U.V. Ussurian Bat *Myotis gracilis* Ognev, 1927, in (Red Data Book of the Jewish Autonomous Region), Gorobeiko V.V., Ed. Birobidzhan: Birobidzhan Publishing House, 2014, pp. 148. (In Russ.).
30. Tiunov M.P., Gorobeyko U.V. Eastern Particoloured Bat *Vespertilio sinensis* (Peters, 1899), in (Red Data Book of the Jewish Autonomous Region), Gorobeiko V.V., Ed. Birobidzhan: Birobidzhan Publishing House, 2014, pp. 149. (In Russ.).
31. Tiunov M.P., Kruskop S.V., Orlova M.V. *Rukokrylye Dalnego Vostoka Rossii i ikh ektoparazitov* (Bats of the Russian Far East and their ectoparasites). Moscow: Pero Publ., 2021. 191 p. (In Russ.).
32. Chernolikh L.L. Mammals of Khingansky Nature Reserve, in *Voprosy geographii Dal'nego Voostoka. Zoogeografiya* (Questions of geography of the Far East. Zoogeography). Khabarovsk: Book Publishing House, 1973, vol. 11, pp. 126–136. (In Russ.).
33. Shchelkanov M.Yu., Popova A.Yu., Dedkov V.G., Akimkin V.G., Maleev V.V. History of investigation and current classification of coronaviruses (*NIDOVIRALES: CORONAVIRIDAE*). *Infektsiya i immunitet*, 2020, vol. 10, no. 2, pp. 221–246. (In Russ.).
34. Yashina L.N., Smetannikova N.A., Kompanets G.G., Zdanovskaya N.I., Ivanov L.I. Molecular Epidemiology of Pathogenic Hantaviruses in the Far East of Russia, 2015–2018. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii*, 2019, no.4, pp. 102–108. (In Russ.).
35. Boni M.F., Lemey P., Jiang X., Lam T.T.-Y., Perry B.W., Castoe T.A., Rambaut A., Robertson D.L. Evolutionary origins of the SARS-CoV-2 sarbecovirus lineage responsible for the COVID-19 pandemic. *Nat. Microbiol.* 2020, vol.5, pp. 1408–1417. DOI: 10.1038/s41564-020-0771-4.
36. Botvinkin A.D., Poleschuk E.M., Kuzmin I.V.,

- Borisova T.I., Gazaryan S.V., Yager P., Rupprecht C.E. Novel lyssavirus isolated from bats in Russia. *Emerging Infection Disease*, 2003, vol. 9, pp. 1623–1625.
37. Brook C.E., Boots M., Chandran K., Dobson A.P., Drosten C., Graham A.L., Grenfell B.T., Müller M.A., Ng M., Wang L.F., van Leeuwen A. Accelerated viral dynamics in bat cell lines, with implications for zoonotic emergence. *eLife*, 2020, no. 9, e48401.
  38. Corbet G.B. *The mammals of the Palaearctic region: A taxonomic review*. London: Cornell University Press, 1978. 314 p.
  39. Kalka M.B., Smith A.R., Kalko E.K.V. Bats Limit Arthropods and Herbivory in a Tropical Forest. *Science*, 2008, vol. 320, no. 5872, pp.71.
  40. Kazakov D.V., Artyushin I.V., Khabilov T.K., Tadzhibaeva D.E., Kruskop S.V. Back to life and to taxonomy: new record and reassessment of *Myotis bucharensis* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Zootaxa*, 2020, vol. 4878, no 1, pp. 129–144.
  41. Kemp J., López-Baucells A., Rocha R., et al. Bats as potential suppressors of multiple agricultural pests: A case study from Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2019, vol. 269, pp. 88–96.
  42. Kruskop S.V., Borisenko A.V., Ivanova N.V., Lim B.K., Eger J.L. Genetic diversity of north-eastern Palaearctic bats as revealed by DNA barcodes. *Acta Chiropterologica*, 2012, vol. 14, no 1, pp. 1–14.
  43. Kuzmin I.V., Bozick B., Guagliardo S.A., Kunkel R., Shak J.R., Tong S., Rupprecht C.E. Bats, emerging infectious diseases, and the rabies paradigm revisited. *Emergency Health Threats Journal*, 2011, vol. 4, pp. 7159.
  44. Leonova G.N., Somova L.M., Belikov S.I., Kondratov I.G., Plekhova N.G., Krylova N.V., Pavlenko E.V., Tiunov M.P., Tkachev S.E. The Fatal Case of Lyssavirus Encephalitis in the Russian Far East Encephalitis, Dr. Sergey Tkachev, Ed. *InTech*, 2013, pp. 231–250.
  45. Matveev V.A., Kruskop S.V., Kramerov D.A. Revalidation of *Myotis petax* Hollister, 1912 and its new status in connection with *M. daubentonii* (Kuhl, 1817) (Vespertilionidae, Chiroptera). *Acta Chiropterologica*, 2005, vol. 7, no. 1, pp. 23–374.
  46. Maine J.J., Boyles J.G. Bats initiate vital agroecological interactions in corn. *PNAS*, 2015, vol. 112, pp. 12438–43.
  47. Ramírez-Fráncel L.A., García-Herrera L.V., Losada-Prado S., Reinoso-Flórez G., Sánchez-Hernández A., Estrada-Villegas S., Lim B.K., Guevara G. Bats and their vital ecosystem services: a global review. *Integr Zool.*, 2021, may 18. DOI: 10.1111/1749-4877.12552.
  48. Ruedi M., Csorba G., Lin L.K., Chou C.H. Molecular phylogeny and morphological revision of *Myotis* bats (Chiroptera: Vespertilionidae) from Taiwan and adjacent China. Epub ahead of print. PMID: 34003577. *Zootaxa*, 2015, vol. 3920, no. 1, pp. 301–342. DOI: 10.11646/zootaxa.3920.2.6.
  49. Russo D., Bosso L., Ancillotto L. Novel perspectives on bat insectivory highlight the value of this ecosystem service in farmland: Research frontiers and management implications. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2018, vol. 266, pp. 31–38.
  50. Spitzenberger F., Strelkov P.P., Winkler H., Haring E. A preliminary revision of the genus *Plecotus* (Chiroptera, Vespertilionidae) based on genetic and morphological results. *Zoologica Scripta*, 2006, vol. 35, no. 3, pp. 187–230. DOI: 10.1111/j.1463-6409.2006.00224.x.
  51. Tiunov M.P., Makarikova T.A. Seasonal molting in *Myotis petax* (Chiroptera) in the Russian Far East. *Acta Chiropterologica*, 2007, vol. 9, no. 2, pp. 538–541. DOI: 10.3161/1733-5329(2007)9[538:SMIMPC]2.0.CO;2.
  52. Topal G. A new mouse-eared bat species, from Nepal, with statistical analyses of some other species of subgenus *Leuconoe* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 1997, vol. 43, no. 4, pp. 375–402.
  53. Walker P.J., Widen S.G., Firth C., Blasdel K.R., Wood T.G., Travassos da Rosa A.P., Guzman H., Tesh R.B., Vasilakis N. Genomic characterization of Yogue, Kasokero, Issyk-Kul, Keterah, Gosas, and Thiafora Viruses: nairoviruses naturally infecting bats, shrews, and ticks. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 2015, vol. 93, pp. 1041–1051.
  54. Williams-Guillen K., Perfecto I., Vandermeer J. Bats limit insects in a neotropical agroforestry system. *Science*, 2008, vol. 320, no. 5872, pp. 70. DOI: 10.1126/science.1152944.
  55. Yoshiyuki M. *A Systematic study of the Japanese Chiroptera*. Tokyo: National Science Museum, 1989. 242 p. DOI: <https://ci.nii.ac.jp/naid/110006684308>.

## BAT SPECIES DIVERSITY OF THE JEWISH AUTONOMOUS REGION

L.V. Frisman, U.V. Gorobeiko

*Bats represent one of the most diverse but poorly studied mammal groups in Priamurye and, in particular, in the Jewish Autonomous region, which is located on the left bank of the southern bend of the Amur (47°–49° N 130°–135° E). The collection and analysis of scientific information made it possible to summarize the bat finding data in the Jewish Autonomous region, to provide brief descriptions of their distribution and lifestyle, and estimate their species diversity, considering changes in the bat's taxonomy in recent decades. Despite the minimal number of bat findings reflected in the literature, the bat fauna of the Jewish Autonomous region is characterized by relatively high species diversity, comparable to one in the neighboring territories of Priamurye (Amur Region and Khabarovsk Territory). According to modern views, the nine species belonging to four genera of the Vespertilionidae family reliably inhabit the Jewish Autonomous region: five species of genus *Myotis*, two species of genus *Vespertilio*, and one species of both genera *Plecotus* and *Murina*. In addition, it is possible to arealogically expect the *Murina ussuriensis* and the *Eptesicus nilsonii* species presence in the area.*

**Keywords:** bats, species diversity, Priamurye.

**Reference:** Frisman L.V. , Gorobeiko U.V. Bat species diversity of the Jewish Autonomous Region. *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 4, pp. 12–24. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-12-24.



## ГЕОЛОГИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 552.513(571.62)

### ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МЕЗОЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ

С.А. Медведева

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН,  
ул. Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000,  
e-mail: medvedeva@itig.as.khb.ru

*Представлены оригинальные данные о содержаниях редкоземельных элементов (РЗЭ) и охарактеризовано их распределение в мезозойских осадочных породах Нижнего Приамурья. Проведено сравнение различных параметров изученных пород с подобными в стандартах одноименных пород. Стратиграфические подразделения, развитые на площади листа М-54-І Государственной геологической карты масштаба 1:200 000, относятся к Приамурской (или Чаятынской) подзоне (СФПЗ) Западно-Сихотэ-Алинской структурно-формационной зоны (СФЗ). Среди них выделены жорминская ( $K_1\text{жт}$ ) толща, силасинская ( $K_{1-2}\text{sl}$ ) и утицкая ( $K_2\text{ut}$ ) свиты. Стратоны сложены песчаниками и алевролитами в разных соотношениях. В них присутствуют также конгломераты, туфы разного состава, андезиты.*

*Содержания РЗЭ в алевролитах выше, чем в песчаниках. Обнаружены более высокие концентрации элементов в изученных породах относительно пород Кавказской складчатой системы (СС). По сравнению с алевропесчаниками Русской платформы в песчаниках Приамурской подзоны содержания РЗЭ меньше, а в алевролитах больше. По сравнению с РААС (постархейский австралийский сланец) содержания РЗЭ меньше. Содержания РЗЭ нормированы по хондриту. Тренд графиков отрицательный. Спектры распределения характеризуются одинаковым поведением элементов в изученных песчаниках, алевролитах, РААС, алевропесчаниках Русской платформы, породах Кавказской СС. В большинстве представленных пород ЛРЗЭ/ТРЗЭ выше 8, что свидетельствует о поступлении в бассейн седиментации обломочного материала преимущественно кислого состава. Отмечается значительная отрицательная европиевая аномалия: от 0,34 до 0,71 в песчаниках, от 0,47 до 0,75 в алевролитах. Она также является показателем размыва кислых пород. Следовательно, по комплексу параметров устанавливается кислый состав пород областей сноса.*

**Ключевые слова:** песчаники, алевролиты, редкоземельные элементы (РЗЭ).

**Образец цитирования:** Медведева С.А. Характер распределения редкоземельных элементов в мезозойских осадочных породах нижнего Приамурья // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 4. С. 25–34. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-25-34.

#### Введение

Знания об эволюции осадочных бассейнов являются важными для понимания общей геологической истории Земли. Реконструкции геологических процессов исследователи проводят на основе разнообразных данных о вещественном составе осадочных пород с использованием различных приемов обработки полученных данных. К одному из видов таких данных относятся сведения о содержаниях редкоземельных элементов (РЗЭ) в породах, поскольку РЗЭ относятся к мало-

подвижным элементам. Они наследуют характер распределения элементов в материнских породах. Исследования РЗЭ на Дальнем Востоке стали возможны в начале XXI в. с появлением приборов, более точно определяющих концентрации элементов. На территории Нижнего Приамурья это пионерные определения.

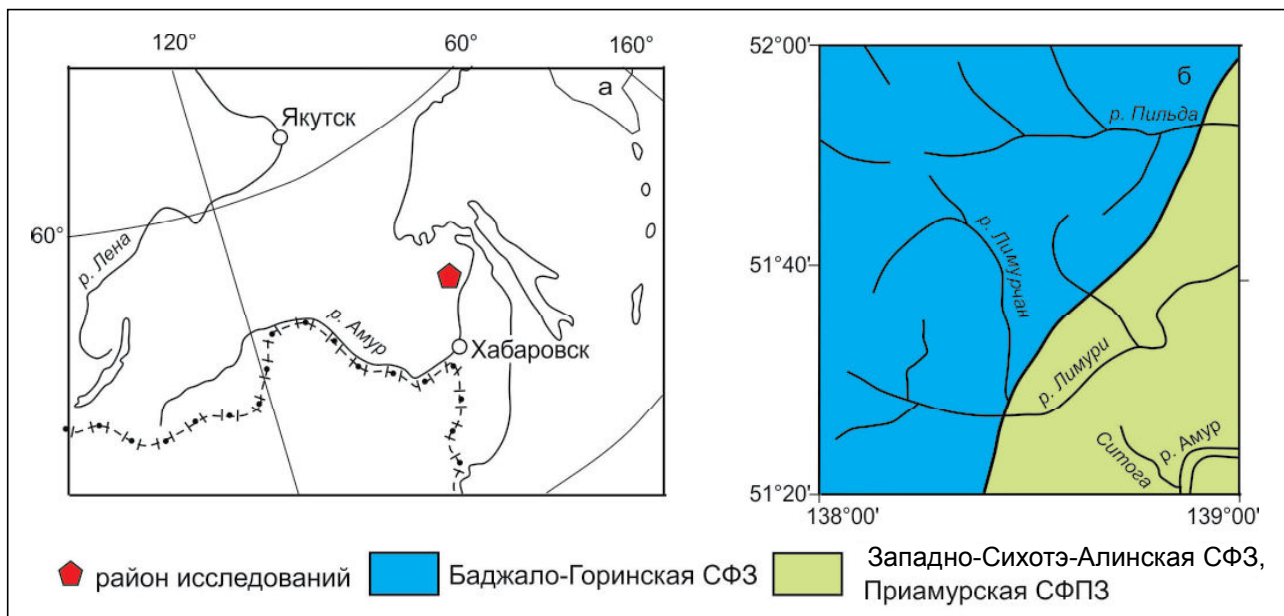
Цель работы – на основе изучения впервые полученных данных о содержаниях РЗЭ в ранне-позднемиловых осадочных породах, залегающих на площади листа М-54-І Государственной

геологической карты масштаба 1:200 000 (рис.1а), сделать заключение о составе пород источников сноса. Всестороннее исследование этих отложений весьма полезно, так как с терригенными породами в ряде мест Нижнего Приамурья связано золотое оруденение.

#### Объект и методы исследования

В междуречье Ситога-Известковский (левые притоки нижнего течения р. Амур) из коренных выходов пород, обнажающихся в береговых выходах рек и ручьев, вдоль дорог и в карьерах, были отобраны пробы. При этом проводились геологические наблюдения и макроописание образцов в соответствии с общепринятыми стандартными методиками. Содержания РЗЭ определялись в Хабаровском инновационно-аналитическом центре ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН методом спектрального анализа в аргонной плазме, на приборе ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer (США). Разложение проб выполнено кислотно-микроволновым методом в автоматической системе пробоподготовки Multiwave 3000 (аналитики Д.В. Авдеев, В.Е. Зазулина). Чувствительность определений до  $10^{-9}$  г/л. Определены содержания четырнадцати РЗЭ.

Обработка результатов анализов проводилась приемами, которые рекомендованы и используются отечественными и зарубежными исследователями [1, 2, 4-9 и др.]. В данной работе рассчитаны суммы содержаний элементов в индивидуальных пробах и различные параметры, характеризующие распределение элементов (отношения суммы легких к сумме тяжелых элементов, величины европиевой и цериевой аномалий). Для удобства обобщения информации концентрации элементов нормируют по какому-либо из предложенных стандартов. Для магматических пород это концентрации элементов в мантии или в хондрите. Для осадочных пород стандартов больше: хондрит, верхняя континентальная кора, постархейский австралийский сланец (PAAS), североамериканский сланец (NASC), европейский сланец (ES), осадочные породы той или иной структуры (платформа, складчатая система). Но чаще всего нормируют по хондриту, и содержания РЗЭ в изученных породах нормированы по хондриту [7]. Проведено сравнение концентраций элементов между песчаниками и алеволитами. Для определения средних содержаний и средних параметров были составлены выборки пород для конкретных



**Рис. 1. Место района исследования на географической карте (а) и схема структурно-формационных зон СФЗ (б)**

**Fig 1. Research area on the geographical map (a) and the scheme of the structural and formation zones of the SFZ (b)**

хроностратиграфических подразделений и проведено их сравнение. По рассчитанным данным составлена таблица, построены графики, диаграммы и выполнено сопоставление параметров изученных пород с подобными параметрами в некоторых стандартах. Характер распределения РЗЭ проиллюстрирован графиками нормированных содержаний элементов. Графики представляют собой кривые, имеющие разные наклоны слева направо.

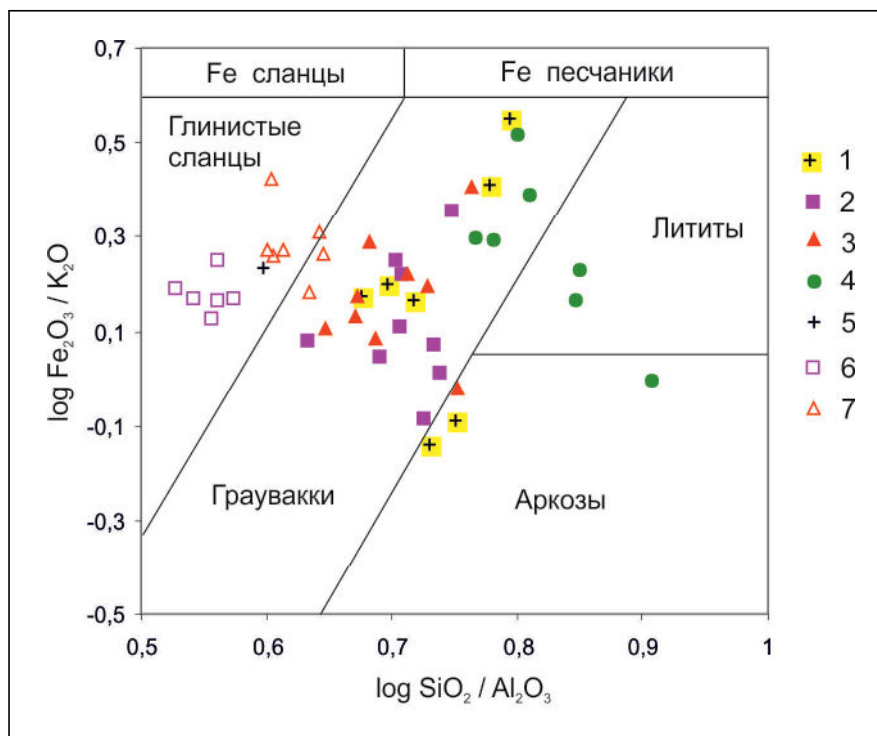
#### Геологический очерк

В соответствии со структурным районированием территории листа М-54-І [3] изученные ранне-позднемиеловые осадочные породы принадлежат Приамурской подзоне (СФПЗ) Западно-Сихотэ-Алинской структурно-формационной зоны (рис. 1б). Здесь выделены стратиграфические подразделения: жорминская толща ( $K_1 \text{ жм}$ ) мощностью около 1250 м, силасинская свита ( $K_1 \text{ сл}$ ) мощностью 1100 м и утицкая свита ( $K_2 \text{ ут}$ ), мощ-

ность которой около 730 м. Стратиграфические подразделения сложены в основном песчаниками и алевролитами в разных соотношениях. В них присутствуют также конгломераты, туфы разного состава, андезиты. Возраст обоснован определениями ископаемой фауны.

#### Результаты исследования и обсуждение

Опробованные песчаники – это массивные серые, иногда с зеленоватым оттенком, средне-мелкозернистые и мелкозернистые породы. Известковистые песчаники имеют голубоватый оттенок, вскипают при воздействии с соляной кислотой. Алевролиты – это массивные и слоистые породы от темно-серых до черных. В соответствии с литохимической классификацией [8] большинство песчаников являются граувакками, реже аркозами или лититами, алевролиты – глинистыми сланцами, и, редко (некоторые алевролиты утицкой свиты), граувакками (рис. 2).



**Рис. 2. Положение фигуративных точек песчаников и алевролитов Приамурской подзоны Западно-Сихотэ-Алинской СФЗ на классификационной диаграмме по [8]**

1–4 песчаники свит: 1 – жорминской, 2 – силасинской, 3 – утицкой, 4 – гальки из конгломератов утицкой свиты; 5–7 алевролиты свит: 5 – жорминской, 6 – силасинской, 7 – утицкой

**Fig.2. Location of figurative points of sandstones and siltstones of the Amur region subzone of the West Sikhote-Alin SFZ on the classification diagram from [8]**

1–4 – sandstones of the formations: 1 – Zhorminsky, 2 – Silasinsky, 3 – Utitsky, 4 – pebbles from the Utitsky formation conglomerates; 5–7 – siltstones of the formations: 5 – Zhorminsky; 6 – Silasinsky, 7 – Utitsky

Содержания редкоземельных элементов уменьшаются с увеличением порядкового номера элемента в периодической системе Д.И. Менделеева: например, в пробе песчаника силасинской свиты содержание «легкого» La (лантан № 57) составляет 24.08 г/т, а содержание «тяжелого» Lu (лютеций № 71) – 0.13 г/т.

Суммы РЗЭ в песчаниках Приамурской подзоны составляют (в г/т): жорминская толща – (96.3-157.8), силасинская свита – (106.3-155.8), утицкая – (90.9-131.5), гальки из конгломератов утицкой свиты, кластер 1 – (101.1-131.3), в гальках из конгломератов утицкой свиты (кластер 2) сумма РЗЭ колеблется от 135.4 до 156.7 г/т (табл.). В алевролитах суммы РЗЭ выше: жорминская толща – (126.1-177.4), силасинская – (158.7-190.1), утицкая – (114.2-166.3). Очевидно, что содержания РЗЭ в терригенных породах увеличиваются при уменьшении размеров зерен. Ниже для сравнения приведены средние суммы РЗЭ в некоторых породах: верхняя континентальная кора – 146,4 г/т, РААС – 184,8 г/т [2], алевропесчаники Русской платформы – 140,3 г/т [6], алевроглинистые породы Кавказской СС – 128 г/т, песчаные породы Кавказской СС – 80 г/т [1]. Концентрации элементов в изученных породах более высокие относительно пород Кавказской СС. По сравнению с алевропесчаниками Русской платформы в песчаниках Приамурской подзоны содержания РЗЭ меньше, а в алевролитах больше. Но они также меньше, чем в постарейших австралийских сланцах.

Одним из параметров при характеристике редкоземельных элементов является ЛРЗЭ/ТРЗЭ – это отношение суммы легких лантаноидов (ЛРЗЭ=La+...+Eu) к сумме тяжелых лантаноидов (ТРЗЭ=Gd+...+Lu). Этот параметр в терригенных породах предложен как показатель состава эродированных пород. Более низкие значения ЛРЗЭ/ТРЗЭ свидетельствуют о более основном составе материала, поступающего в бассейн осадконакопления. В изученных песчаниках ЛРЗЭ/ТРЗЭ 7.87-15.02, в алевролитах – 7.3-14.8, а в среднем по стратонам от 8.82 до 14.66 (см. табл.). Считается, что значения ЛРЗЭ/ТРЗЭ выше 8 характеризуют кислый состав материнских пород [7]. Выявлена тенденция снижения значений по мере омоложения пород от жорминской толщи к утицкой свите. На диаграммах «Сумма РРЗ – ЛРЗЭ/ТРЗЭ», иллюстрирующих вышеописанное, показано положение фигуративных точек песчаников (рис. 3) и алевролитов (рис. 4) разных хроностратиграфических подразделений. Фигуративные точки пород образуют на диаграммах поля, перекрывающиеся

в разной степени в случае с песчаниками и более разобщенные для алевролитов. Вероятно, в бассейн осадконакопления поступал материал дезинтеграции разных пород. Средние значения ЛРЗЭ/ТРЗЭ показывают преобладание в породах компонентов кислого состава. В породах утицкой свиты пониженные суммы РЗЭ и ЛРЗЭ/ТРЗЭ обусловлены, вероятно, бóльшим содержанием материала основного состава. Наличие известковых примесей в некоторых породах утицкой свиты привело к уменьшению сумм РЗЭ и изменению параметров в известковистых песчаниках и известковистом алевролите.

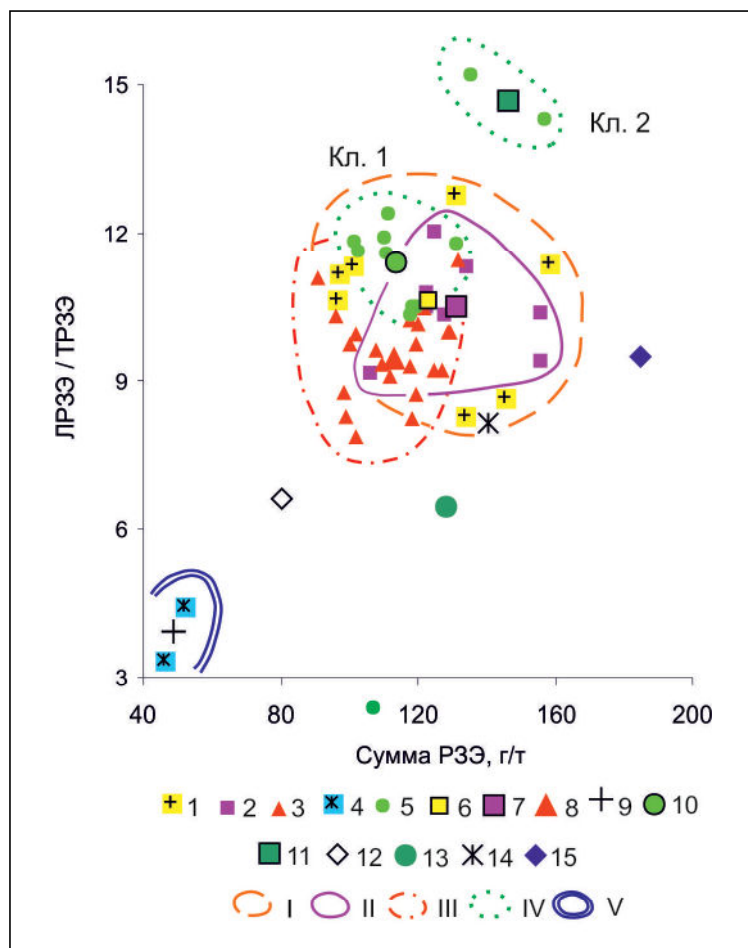
Еще один параметр – это европиевая аномалия  $Eu/Eu^*$ , рассчитываемая по формуле  $Eu/Eu^* = Eu_N / [(Sm_N)(Gd_N)]^{1/2}$ . Для расчета содержания элементы нормируют, в данной работе они нормированы по хондриту [7]. Аномалию принято считать отрицательной при значениях  $Eu/Eu^*$  меньше 1 и положительной при значениях больше 1. Следовательно, чем меньше число  $Eu/Eu^*$ , тем значительнее отрицательная аномалия. Значения  $Eu/Eu^*$  в основных породах больше, чем в кислых. В Приамурской подзоне в песчаниках  $Eu/Eu^*$  от 0,34 до 0,71 и от 0.47 до 0.75 в алевролитах (табл.). В породах жорминской толщи зафиксирована наибольшая отрицательная аномалия (наименьшие значения  $Eu/Eu^*$ ), а в породах утицкой свиты – наименьшая (наибольшие значения  $Eu/Eu^*$ ), что отражает более основной состав последней. Для наглядного анализа используют графики нормированных содержаний РЗЭ и по их характеру определяют взаимоотношения между легкими и тяжелыми лантаноидами. Чем сильнее наклон графика слева направо, тем ярче выражено преобладание легких РЗЭ (левая часть графика) над тяжелыми РЗЭ (правая часть графика). Такой наклон позволяет говорить об отрицательном тренде, наклон справа налево – о положительном. Для изученных пород Приамурской подзоны в спектре легких РЗЭ (La-Eu) наклон крутой, а в спектре тяжелых РЗЭ пологий (рис. 5). Тренд графиков отрицательный с отчетливо проявленным европиевым минимумом. Чем выше значения  $Eu/Eu^*$ , тем меньше он выражен. На графиках видно, что спектры распределения характеризуются одинаковым поведением элементов в изученных песчаниках, алевролитах, РААС, алевропесчаниках Русской платформы, породах Кавказской СС. Различия наблюдаются лишь в числовых величинах, они подчеркивают хорошо выраженную разницу между спектрами легких и тяжелых РЗЭ в изученных породах и породах Кавказской СС.

Средние содержания РЗЭ и средние значения параметров в терригенных породах Нижнего Приамурья  
(Приамурская СФПЗ Западно-Сихотэ-Алинской СФЗ)

Table

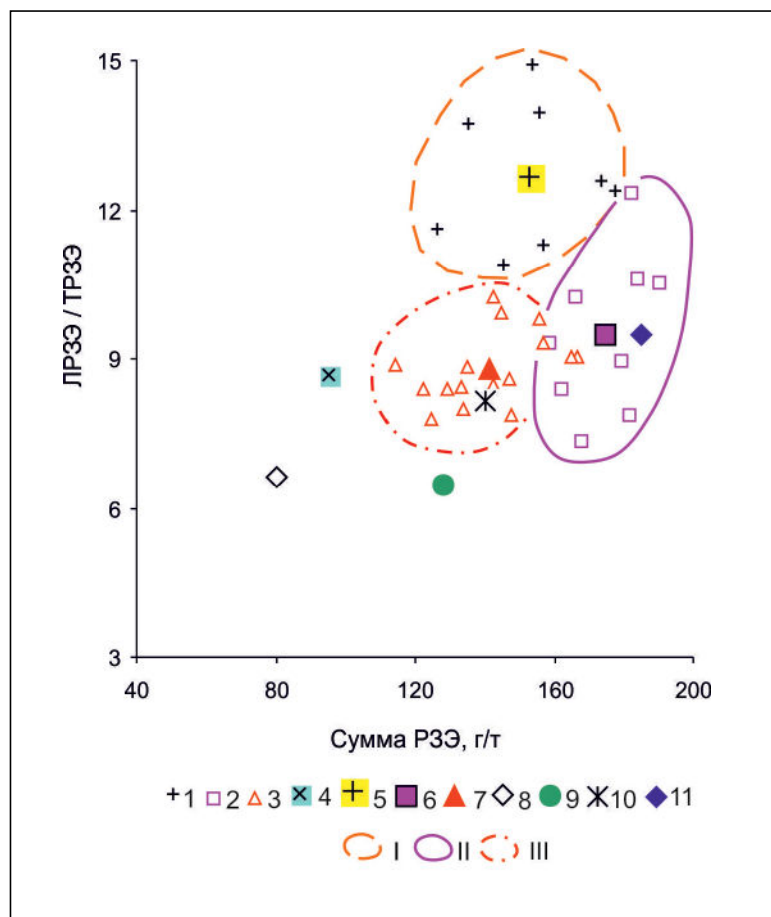
Middle contents of REE and average parameter values in the Lo Amur region terrigenous rocks

Элементы, г/г	Песчаники			Песчаник известковистый	Гальки песчаников из конгломератов утицкой свиты		Алевролиты		
	Жорминская толща	Силасинская свита	Утицкая свита		Кластер 1	Кластер 2	Жорминская толща	Силасинская свита	Утицкая свита
La	24.39	26.57	22.71	7.89	23.68	32.00	30.52	33.96	26.58
Ce	53.07	56.83	49.09	16.99	50.31	67.33	68.47	74.72	60.49
Pr	6.16	6.41	5.32	2.00	5.36	6.38	7.76	8.72	6.78
Nd	23.40	24.53	20.75	9.10	20.66	25.99	28.79	32.94	26.73
Sm	4.41	4.38	3.80	2.16	3.62	4.22	5.24	6.20	5.23
Eu	0.75	0.89	0.81	0.66	0.72	0.81	0.97	1.11	1.06
Gd	4.88	4.74	4.03	2.71	3.45	4.24	6.17	7.00	5.73
Tb	0.50	0.53	0.48	0.39	0.41	0.46	0.53	0.78	0.66
Dy	2.44	2.74	2.65	2.63	2.29	2.11	2.28	4.03	3.51
Ho	0.43	0.49	0.49	0.54	0.41	0.36	0.35	0.73	0.63
Er	1.20	1.38	1.42	1.66	1.19	1.01	0.95	2.02	1.79
Tm	0.16	0.18	0.19	0.23	0.16	0.13	0.11	0.27	0.24
Yb	1.09	1.24	1.32	1.59	1.14	0.90	0.79	1.81	1.62
Lu	0.16	0.18	0.19	0.23	0.16	0.13	0.11	0.26	0.23
Сумма РЗЭ, г/г	123.0 96-158	131.1 106-156	113.2 91-132	48.8 46-51	113.6 101-131	146.1 135-157	153.04 126-177	174.5 159-190	141.3 114-166
ЛРЗЭ / ТРЗЭ	10.62 8.29-12.80	10.49 9.14-12.05	9.56 7.87-11.44	3.92 3.37-4.46	11.39 10.3-12.4	14.66 14.30-15.02	12.66 10.9-14.8	9.50 7.3-12.4	8.82 7.80-10.26
Eu / Eu*	0.50 0.34-0.56	0.60 0.53-0.66	0.63 0.56-0.71	0.83 0.80-0.87	0.62 0.54-0.72	0.59 0.55-0.63	0.52 0.47-0.56	0.52 0.47-0.54	0.60 0.54-0.75
Ce / Ce	1.02 0.97-1.08	1.03 0.93-1.10	1.05 0.92-1.12	1.00 0.98-1.03	1.05 1.00-1.12	1.05 1.00-1.12	1.05 1.00-1.13	1.02 0.95-1.13	1.06 0.90-1.13
N	7	8	23	2	9	2	8	9	16



**Рис. 3. Положение фигуративных точек песчаников на диаграмме «Сумма РЗЭ – ЛРЗЭ / ТРЗЭ»**  
 1–5 песчаники свит: 1 – жорминской, 2 – силасинской, 3 – утицкой, 4 – известковистые утицкой свиты, 5 – гальки из конгломератов утицкой свиты; 6–15 средние составы: 6 – жорминской свиты, 7 – силасинской свиты, 8 – утицкой свиты, 9 – известковистые утицкой свиты, 10 и 11 – кластеры 1 и 2 галек из конгломератов утицкой свиты, 12 – песчаные породы Кавказской складчатой системы [1], 13 – алевролитовые породы Кавказской складчатой системы [1], 14 – алевропесчаники Русской платформы по Мигдисову с соавторами [6], 15 – ПААС. I–V – поля свит: I – жорминской, II – силасинской, III – утицкой, IV – гальки из конгломератов утицкой свиты, V – известковистые песчаники утицкой свиты

**Fig. 3. Location of figurative points of sandstones on the diagram “Total REE – LREE/HREE”**  
 1–5 – sandstones of the formations: 1 – Zhorminsky, 2 – Silasinsky, 3 – Utitsky, 4 – calcinated sandstones of the Utitsky formation; 5 – pebbles from the Utitsky formation conglomerates; 6–15 – middle compositions: 6 – Zhorminsky, 7 – Silasinsky, 8 – Utitsky, 9 – calcinated sandstones of the Utitsky formation. 10–11 – clusters of the 1 and 2 – pebbles from the Utitsky formation conglomerates; 12 – sands of the Caucasian fold system [1]; 13 – siltstones of the Caucasian fold system [1]; 14 – silt sandstones of the Russian Platform from Migdisov et al. [6]; 15 – PAAS. I–V – fields of the formations: I – Zhorminsky, II – Silasinsky, III – Utitsky, IV – pebbles from the Utitsky formation conglomerates, V – calcinated sandstones of the Utitsky formation

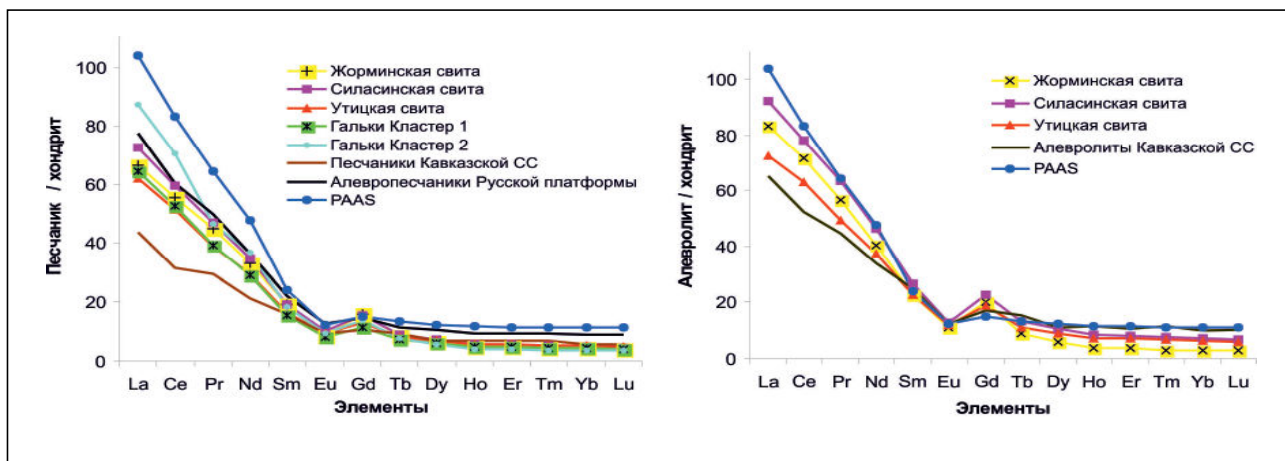


**Рис. 4. Положение фигуративных точек алевролитов на диаграмме «Сумма РЗЭ – ЛРЗЭ / ТРЗЭ»**  
 1–4 алевролиты свит: 1 – жорминской, 2 – силасинской, 3 – утицкой, 4 – известковистые утицкой свиты;  
 5–11 средние составы: 5 – жорминской свиты, 6 – силасинской свиты, 7 – утицкой свиты, 8 – песчаные  
 породы Кавказской складчатой системы [1], 9 – алевролитовые породы Кавказской складчатой системы  
 [1], 10 – алевропесчаники Русской платформы по Мигдисову с соавторами [6], 11 – ПААС. I–III – поля  
 свит: I – жорминской, II – силасинской, III – утицкой

**Fig. 4. Location of figurative points of siltstones on the diagram “Total REE – LREE/HREE”**  
 1–4 – siltstones of the formations: 1 – Zhorminsky, 2 – Silasinsky, 3 – Utitsky, 4 – calcinated siltstones of the  
 Utitsky formation; 5–11 – middle compositions: 5 – Zhorminsky, 6– Silasinsky, 7 – Utitsky, 8 – sandstones  
 of the Caucasian fold system [1]; 9 – siltstones of the Caucasian fold system [1]; 10 – silt sandstones of the  
 Russian Platform from Migdisov et al. [6]; 11 – PAAS. I–III – fields of the formations: I – Zhorminsky, II –  
 Silasinsky, III – Utitsky

По цериевой аномалии ( $Ce/Ce^*$ ) предложено оценивать расстояние от СОХ (срединно-океанический хребет) до бассейна осадконакопления [9].  $Ce/Ce^* \approx 0.25-0.3$  характеризует расстояние от СОХ в 300-400 км (вблизи спрединга), при  $Ce/Ce^* \approx 0.55-0.6$  расстояние от СОХ варьируется от 400 до 2500-3000 км (глубоководные котловины), а  $Ce/Ce^* \approx 0.9-1.3$  показывает удаление от

СОХ более 3000 км (окраинно-континентальные обстановки). Разброс значений  $Ce/Ce^*$  в изученных породах составляет 0.97-1.13, а средние значения по свитам находятся в пределах 1.02-1.06, что свидетельствует об окраинно-континентальных обстановках осадконакопления в прибрежных бассейнах.



**Рис. 5. Графики средних нормированных содержаний РЗЭ:**  
*а – в песчаниках, б – в алевролитах*

**Fig. 5. Diagrams of the middle normalized contents of REE:**  
*a – in sandstones, b – in siltstones*

Отмечен определенный разброс содержаний РЗЭ и значений параметров в породах Приамурской подзоны. Область сноса была сложена различными породами. И, возможно, осадки накапливались в локальных участках водоемов на разных расстояниях от суши, что обусловило разную степень перемешивания обломочного материала. Изменять характеристики пород могли также туфовые и известковистые примеси в составе пород.

#### **Выводы**

Региональной особенностью изученных песчаников и алевролитов является то, что они обладают более высокими концентрациями редкоземельных элементов по сравнению с породами Кавказской СС и более низкими концентрациями по сравнению с PAAS.

Спектры распределения РЗЭ иллюстрируют, с одной стороны, одинаковый характер поведения элементов (отрицательный тренд) в песчаниках и алевролитах Приамурской подзоны, в терригенных породах Кавказской СС, в алевропесчаниках Русской платформы и в PAAS, но, с другой стороны, подчеркивают различия в числовых величинах РЗЭ.

Значения отношений ЛРЗЭ/ТРЗЭ и  $Eu/Eu^*$  указывают на преимущественно кислый состав материнских пород областей сноса, а значения  $Ce/Ce^*$  – на осадконакопление в условиях окраино-континентальных бассейнов.

Приведенные выводы не противоречат выводам, полученным другими методами, и общегеологическому положению территории.

#### **Благодарности.**

Автор признательна Т.Л. Карповой за помощь в техническом оформлении статьи, Л.Д. Песковой – за английский перевод.

*Статья выполнена в рамках госзадания по теме НИР «Закономерности формирования континентальной коры восточной окраины Евразии в неогее: тектоника, вещественный состав, минерагения и палеогеодинамика», № гос. регистрации 121021000095-1.*

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 233 с.
2. Интерпретация геохимических данных / под ред. Е.В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
3. Кайдалов В.А., Анойкин В.И., Беломестнова Т.Д. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000. Лист М-54-1. Объясн. записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 185 с.
4. Малиновский А.И., Голозубов В.В., Касаткин С.А. Геохимия, источники питания и геодинамические обстановки накопления нижнесилурийских терригенных отложений Лаоелин-Гродековского террейна (Приморье) // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 121–127.
5. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретация полученных данных. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 289 с.
6. Мигдисов А.А., Балашов Ю.А., Шарков И.В., Шерстенников О.Г., Ронов А.Б. Распростра-



ненность редкоземельных элементов в главных литологических типах пород осадочного чехла Русской платформы // Геохимия. 1994. № 6. С. 789–803.

7. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция: пер. с англ. М.: Мир, 1988. 384 с.
8. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sand and shales from core or log data // *Journal of Sedimentary Petrology*. 1988. Vol. 58. N 5. P. 820–829.
9. Murray R.W., Buchholtz T., Brink M.R., Jones D.L., Gerlach D.C., Russ G.P. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale // *Geology*. 1990. Vol. 18. P. 268–272.

#### REFERENCES:

1. Balashov Yu.A. *Geokhimiya redkozemel'nykh elementov* (Geochemistry of rare earth elements). Moscow: Nauka Publ., 1976. 233 p. (In Russ.).
2. *Interpretatsiya geokhimicheskikh dannykh* (Interpretation of geochemical data), E.V. Sklyarova, Ed. Moscow: Intermet Inzhiniring Publ., 2001. 288 p. (In Russ.).
3. Kaidalov V.A., Anoin V.I., Belomestnova T.D. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi federatsii. 1:200 000. List M-54-I. Ob'yasn. zapiska* (State Geological Map of Russian Federation. 1: 200 000. Sheet M-54-I. Explanatory Note). Saint-Petersburg: VSEGEI, 2009. 185 p. (In Russ.).
4. Malinovskiy A.I., Golozubov V.V., Kasatkin S.A. Geochemistry, Power Sources and Geodynamic Settings of the Formation of Upper Silurian Terrigenous Deposits of the Laeling-Grodekovo Terrane (Primorye). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2019, no. 11, pp. 121–127. (In Russ.).
5. Maslov A.V. *Osadochnye porody: metody izucheniya i interpretatsiya poluchennykh dannykh* (Sedimentary rocks: research methods and data interpretation). Ekaterinburg: UrSMU, 2005. 289 p. (In Russ.).
6. Migdisov A.A., Balashov Yu.A., Sharkov I.V., Sherstennikov O.G., Ronov A.B. The abundance of rare earth elements in the main lithological types of rocks of the sedimentary cover of the Russian Platform. *Geokhimiya*, 1994, no. 6, pp. 789–803. (In Russ.).
7. Taylor S.R., McLennan S.M. *Kontinental'naya kora: ee sostav i evolyutsiya: per. s ang.* (The continental crust: its composition and evolution). Moscow: Mir Publ., 1988. 384 p. (In Russ.).
8. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sand and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1988, vol. 58, no. 5, pp. 820–829.
9. Murray R.W., Buchholtz T., Brink M.R., Jones D.L., Gerlach D.C., Russ G.P. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale. *Geology*, 1990, vol. 18, pp. 268–272.

## NATURE OF THE DISTRIBUTION OF RARE EARTH ELEMENTS IN MESOZOIC SEDIMENTARY ROCKS OF THE LOWER AMUR REGION

S.A. Medvedeva

*The article presents original data on the contents of rare earth elements (REE) and characterizes their distribution in Mesozoic sedimentary rocks of the Lower Amur region. The author compares various parameters of the studied rocks with similar parameters in the standards of the same rocks. The stratigraphic divisions made on the M-54-I sheet of the 1:200,000 scale State Geological Map belong to the Amur (or Chayatyń) subzone (SFZ) of the West Sikhote-Alin Structural-Formation Zone (SFZ). Among them, the Zhorminsky ( $K_1$  zm) strata, Silasinsky ( $K_{1-2}$  sl) and Utitsky ( $K_2$  ut K2) formations are distinguished. The strata are composed of sandstones and siltstones in different ratios. They also contain conglomerates, tuffs of different composition, and andesites.*

*The REE content in siltstones is higher than in sandstones. Higher concentrations of elements were found in the studied rocks relative to the rocks of the Caucasian Folded System (CC). Compared to the aleuropes of the Russian platform, the sandstones of the Amur subzone have less REE content, and the siltstones have more. Compared to PAAS (post-Archean Australian shale), the REE content is less. Chondrite normalized REE contents. The trend of the charts is negative. The same behavior of elements is characteristic of the distribution spectra in the studied sandstones, siltstones, RAAS, aleuropes of the Russian platform, and rocks of the Caucasian SS. In most of the rocks presented, the LRSE/TRSE is higher than 8, this indicates that the sedimentation basin of detrital material has a predominantly acidic composition.*

*There is a significant negative europium anomaly – from 0.34 to 0.71 in sandstones, and from 0.47 to 0.75 in siltstones. It also indicates the acidic rocks erosion. Consequently, a set of parameters determines the rocks acidic composition in the demolition areas.*

**Keywords:** sandstones, siltstones, rare earth elements (REE).

**Reference:** Medvedeva S.A. Nature of the distribution of rare earth elements in mesozoic sedimentary rocks of the Lower Amur Region. *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 4, pp. 25–34. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-25-34.

УДК 550.34:551.24:553.9(571)

## СВЯЗЬ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА С ЗОНАМИ РЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗУПЛОТНЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ АЗИИ

А.М. Петрищевский

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,  
e-mail: petris2010@mail.ru

*Рассмотрены результаты корреляционного анализа тепловых аномалий и распределений плотностной контрастности ( $\mu_z$ -параметра) в рифтогенных и плюмовых структурах на восточной окраине Азии, которые доказывают селективную обратную корреляцию этих параметров в интервалах глубин, соответствующих положению подкорового вязкого слоя (25–45 км) и астеносферы (70–90 км). Аномальными свойствами характеризуется Южно-Охотский рифт, в котором подкоровый вязкий слой залегает в интервале глубин 10–25 км, а астеносфера – 45–55 км. В большинстве районов (Южно-Охотский, Япономорский, Катазиатский) основной вклад в тепловой поток вносит подкоровый вязкий слой, а в Индигиро-Колымском – астеносферный вклад преобладает над подкоровым. Тепловой поток из астеносферы на кайнозойских границах литосферных плит экранирован субдуцирующими слэбами. В зоне разлома Ченжоу-Линву на границе плиты Янцзы и Катазиатского блока в юго-восточном Китае обнаружена широкая зона растяжения литосферы, выраженная минимумом плотностной контрастности в интервале глубин 30–100 км, сопровождаемая аномалиями теплового потока. По геологическим данным в этой зоне установлены признаки растяжения, вязкого сдвига и косой субдукции. Распределения плотностной контрастности и график корреляции  $Q$  и  $\mu_z$ -параметра в этой структуре очень близки к Индигиро-Колымской зоне растяжения-сдвига на границе Евразийской плиты и Колымо-Омолонского супертеррейна. Одинаковая корреляция  $Q$  и  $\mu_z$ -параметра в удаленных друг от друга районах свидетельствует об одинаковом глубинном строении и универсальности тектонических обстановок на восточной окраине Азии, где в пространстве и времени сопряжены субдукционные, рифтогенные и плюмовые процессы.*

**Ключевые слова:** тепловой поток, верхняя мантия, плотностная контрастность, реология, Восточная Азия.

**Образец цитирования:** Петрищевский А.М. Связь теплового потока с зонами реологического разуплотнения в верхней мантии восточной окраины Азии // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 4. С. 35–49. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-35-49.

### Введение

Тепловой поток является диагностическим средством степени разогрева земной коры и верхней мантии и по его измерениям в скважинах определяется температура среды в различных глубинных диапазонах геологического пространства [4, 24, 28]. Считается, что температура выше 1300 °С достаточна для расплавления пород верхней мантии и по изотерме 1300 °С или 1200 °С проводится поверхность вязкой, текучей или частично расплавленной астеносферы [25], хотя иногда у подошвы земной коры зонам частичного плавления соответствует температура порядка 1000 °С [27].

В переходной зоне кора-мантия существует

еще один слой пониженной вязкости [1, 2, 10, 15], с увеличением мощности которого тоже коррелируются тепловые аномалии. Этот слой повсеместно диагностируется по распределениям скорости сейсмических волн и удельных электрических сопротивлений [1]. В среднем и нижнем слоях земной коры разогрев приводит к понижению отражающей способности сейсмических волн [36]. Еще одним индикатором подкорового вязкого слоя и астеносферы являются минимумы плотностной контрастности ( $\mu_z$ -параметра) [15–17, 20]. Существование двух слоев пониженной вязкости в верхней мантии является фундаментальным свойством тектоносферы на восточной окраине Азии [15, 17].

При отсутствии дорогостоящих сейсмических и электромагнитных наблюдений и скважин, в которых вычисляется тепловой поток, единственным и недорогим средством обнаружения и пространственной параметризации вязких сред являются минимумы плотностной контрастности.

В этой статье анализируется связь плотностной контрастности ( $\mu_z$ -параметра) с аномалиями теплового потока и температуры с целью более уверенной диагностики зон частичного плавления в верхней мантии. В отсутствие данных о распределении температуры и в случае редкой сети скважин такая связь может быть использована для определения и пространственной параметризации глубинных источников тепловых аномалий. Теоретические основы и методика построения 3D-моделей распределений плотностной контрастности изложены в предшествующих работах автора [16, 20]. Связь теплового потока с аномалиями плотностной контрастности в разных глубинных срезах объемной  $\mu_z$ -модели определена с помощью корреляционного анализа. Такая связь исследована в трех рифтогенных и одной плюмовой структуре на Востоке Азии. На территориях Верхояно-Колымской и Южно-Охотской зон растяжения вычисления коэффициента корреляции выполнены непосредственно в точках определения теплового потока, а в Япономорском и Катазиатском регионах – в общих точках регулярной сети.

#### ***Верхояно-Колымская зона растяжения-сдвига***

Эта структура расположена на границе Евразийской и Североамериканской плит [26] и она также известна под названиями зоны Адыча-Тенькинского или Тенькинского [29, 30] глубинного разлома шириной порядка 200 км. В меловое время в этой зоне произошло внедрение больших объемов гранитоидных магм, сформировавших Главный (приразломный) Колымский гранитоидный пояс [5, 26]. В начальный период геологической истории этой структуры (юра – нижний мел) здесь происходили субдукционные процессы, сопровождавшиеся надвигом Колымо-Омолонского супертеррейна на Северо-Азиатский кратон, затем сжатие сменилось растяжением (Момский рифт), а в неогене произошли сдвиговые деформации [26, 29, 30].

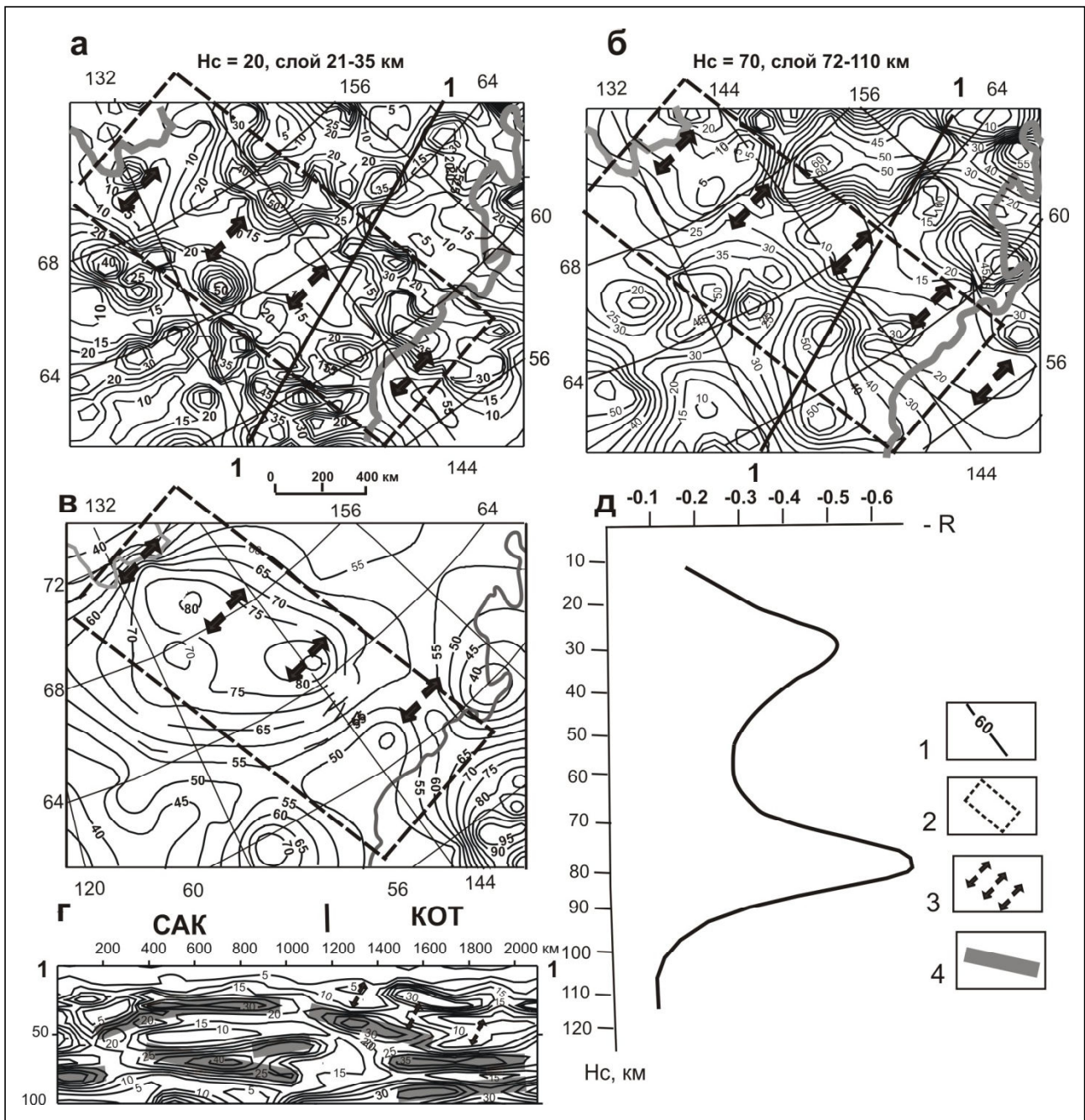
В гравитационных моделях, отражающих реологические свойства геологических сред [16, 20], Верхояно-Колымская зона растяжения-сдвига проявлена минимумом плотностной контрастности в большинстве срезов  $\mu_z$ -модели. Простран-

ственная корреляция минимумов  $\mu_z$ -параметра с тепловым потоком отображена на рис. 1д. Пиковые значения коэффициента корреляции этих параметров установлены на двух глубинных уровнях: 30 и 80 км. Первый уровень совпадает с подошвой земной коры, а второй – с подошвой литосферы. Соответствующие зоны реологического разуплотнения залегают в интервалах глубин 28–45 и 70–90 км. Гравитационные модели (рис. 1а-б, г) показывают, что подкоровый вязкий слой занимает наклонное положение и по нему Колымо-Омолонский супертеррейн, обычно относимый к Североамериканской плите [26], был надвинут на окраину Северо-Азиатского кратона. В результате на восточной границе последнего сформировалась Верхояно-Колымская складчатая-надвиговая система.

По полученным данным (рис. 1), наибольший вклад в тепловые аномалии Верхояно-Колымской зоны растяжения-сдвига вносит астеносфера, кровля которой, по магнитотеллурическим данным [2], располагается здесь на глубине 65–80 км.

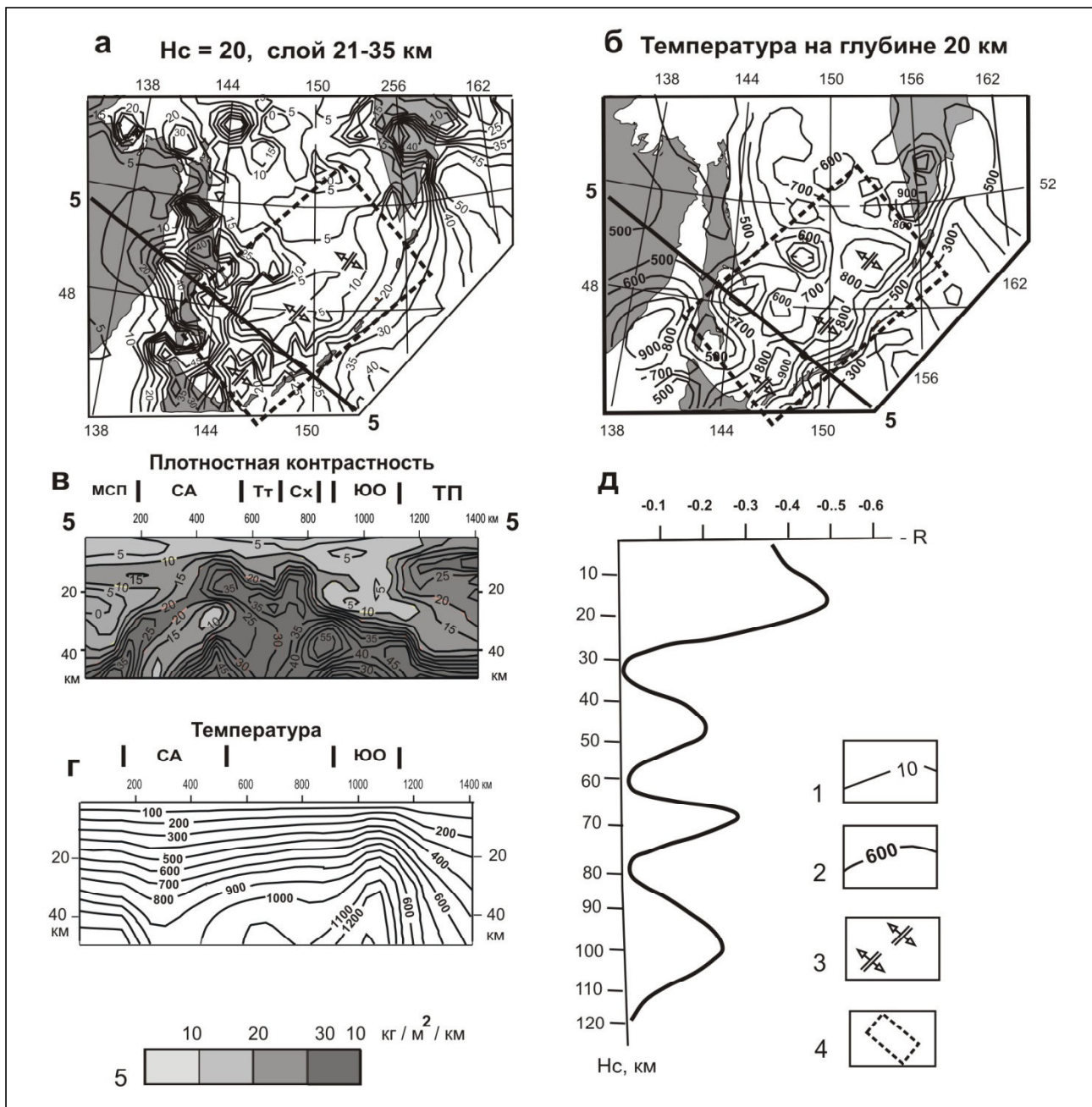
#### ***Южно-Охотский рифт***

Южно-Охотский или Южно-Курильский рифт расположен в юго-восточной части Охотского моря (рис. 2). Структура характеризуется высоким тепловым потоком ( $Q > 80$  мВт/м<sup>2</sup>) и сокращением мощности земной коры до 13 км [23]. На глубинах 20, 70 и 100 км Южно-Охотский рифт отмечается линейным минимумом плотностной контрастности, а на глубине 50 км в его зоне концентрируются локальные минимумы плотностной контрастности, диагностирующие реологическое разуплотнение тектонических масс. Наилучшей корреляцией плотностной контрастности с тепловыми аномалиями характеризуется слой в интервале глубин 21–35 км ( $H_c = 20$  км, рис. 2), соответствующий подкоровому вязкому слою. Температура на глубине 20 км (рис. 2б, в) составляет здесь около 800 °С, что в два раза выше средней на Земле температуры у подошвы земной коры – 400 °С [24]. Коэффициент корреляции теплового потока и плотностной контрастности на этой глубине максимальный (рис. 2г). В разрезе 3D  $\mu_z$ -модели (рис. 2в) Южно-Охотский рифт сопровождается минимумом плотностной контрастности ( $\mu_z$ -параметра) до глубины 25–28 км, указывающим на раздробление и флюидно-магматическую проработку зоны рифта. Зона реологического разуплотнения ниже глубины 20 км залегает наклонно (рис. 2в) и способствует надвигованию тихоокеанской коры на Охотоморскую плиту.



**Рис. 1. Плотностная контрастность (а-б, г), тепловой поток (в) и коэффициент корреляции  $Q$  и  $\mu_z$  в разных глубинных срезах  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели (д) Верхояно-Колымского региона**  
 1 – изолинии плотностной контрастности (1 ед. =  $10^{-2}$  кг / м<sup>2</sup> / км) на схемах «а-б, г» и теплового потока (мВт / м<sup>2</sup>) на схеме «в» (осреднение по данным [7]); 2 – контур площади корреляционного анализа; 3 – Верхояно-Колымская (Адыча-Тенькинская) зона растяжения-сдвига; 4 – жесткие пластины в земной коре и верхней мантии. Обозначения структур над разрезом: САК – Северо-Азиатский кратон, КОТ – Колымо-Омолонский супертеррейн.  $H_c$  – глубина среза  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели

**Fig. 1. Density contrast (a-b, g), heat flow (v) and the correlation coefficient  $Q$  and  $\mu_z$  in different deep slices of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model (d) of the Verkhoyano-Kolyma Region**  
 1 – isolines of density contrast ( $10^{-2}$  кг/м<sup>2</sup>/км) on schemes “a-b, g” and heat flow (mWt / m<sup>2</sup>) on the scheme “v” smoothed after [7]; 2 – counter of the area for the correlation analysis; 3 – Verkhoyano-Kolimskaya (Adicha-Tenkiskaya) shear-stretching zone; 4 – rigid layers into the crust and upper mantle. Designations of structures: САК – North Asian Craton, КОТ – Kolyma-Omolon super terrane.  $H_c$  – deep of slice of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model



**Рис. 2.** Плотностная контрастность (а-в), температура (z) и коэффициент корреляции  $Q$  и  $\mu_z$  в разных глубинных срезах  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели (d) Охотоморского региона

1 – изолинии плотностной контрастности (1 ед. =  $10^{-2}\text{кг} / \text{м}^2 / \text{км}$ ); 2 – изотермы температуры,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 3 – Южно-Охотский рифт; 4 – контур площади корреляционного анализа. Обозначения структур над разрезом: МСП – Мая-Селемджинский плюм [21], СА – Сихотэ-Алинская аккреционно-складчатая система, ТТ – Татарский рифт, Сх – остров Сахалин, ЮО – Южно-Охотский рифт, ТП – Тихоокеанская плита.  $H_c$  – глубина среза  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели

**Fig. 2.** Density contrast (a-в), temperature(z) and the correlation coefficient between  $Q$  and  $\mu_z$  in different deep slices of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model (d) of the Okhotsk Sea Region

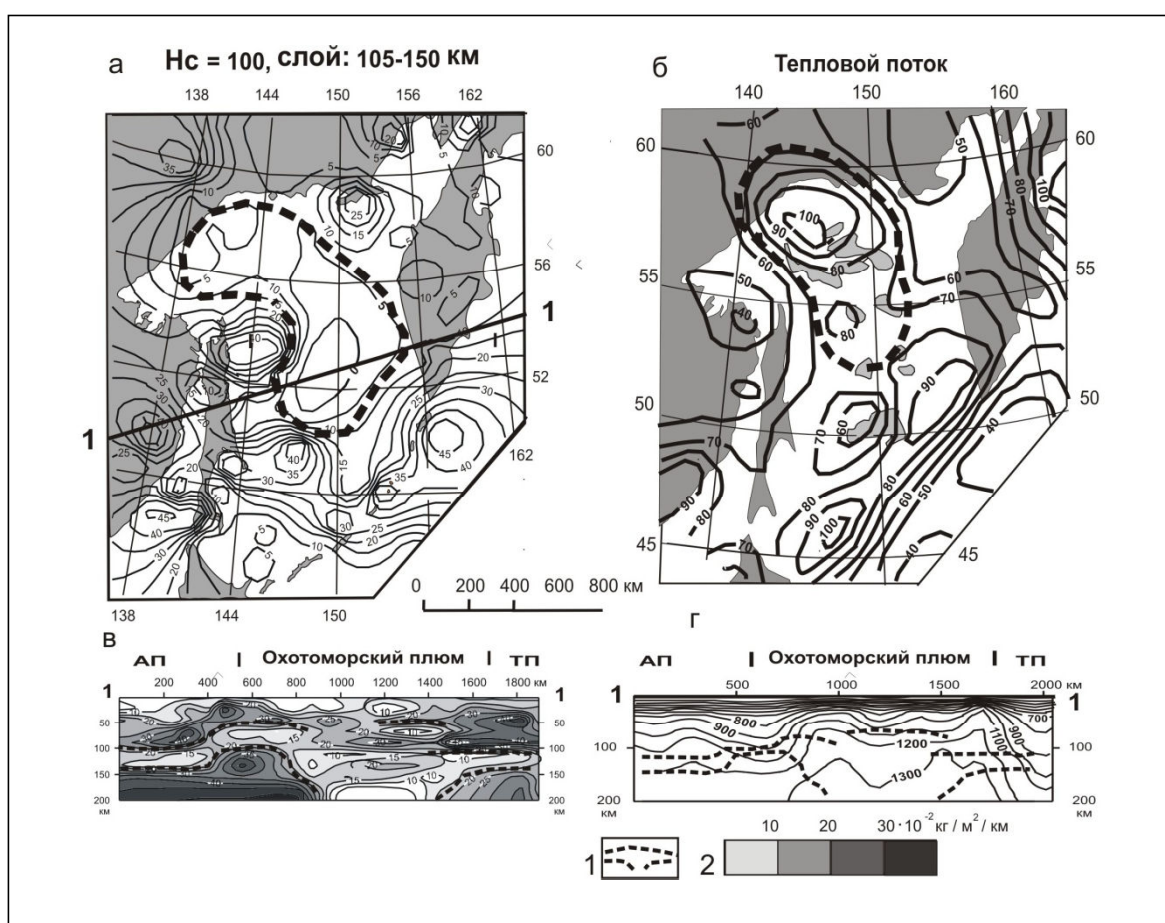
1 – isolines of density contrast ( $10^{-2}\text{кг} / \text{м}^2 / \text{км}$ ); 2 – isotherms of temperature,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 3 – South-Okhotsk rift; 4 – counter of the area for the correlation analysis. Captures above sections: МСП – Maya-Selemdzha Plume [21], СА – Sikhote-Alin accretion-folded system, ТТ – Tatar Rift, Сх – Sakhalin Island, ЮО – South-Okhotsk Rift, ТП – Pacific Plate.  $H_c$  – deep of slice of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model

Три других максимума корреляции  $Q$  и  $\mu_z$  и на глубинах 50, 70 и 100 км соответствуют положению вязких или текучих магм, перемешанных с кристаллическими фрагментами литосферы в зоне субдукции Тихоокеанской плиты под Охотоморскую [5]. Наименьшая корреляция  $Q$  и  $\mu_z$  на глубине 80 км соответствует положению океанического слэба, экранирующего астеносферу. На этой глубине концентрируется рой землетрясений, очерчивающий контуры слэба в плане [14].

В Охотском море существует еще один источник тепла – Охотоморский плюм, центр которого приурочен к подводной возвышенности Института океанологии [18]. Астеносферная

часть Охотоморского плюма имеет грибовидную форму, характерную для этого класса структур. Широкий минимум плотностной контрастности в срезе на глубине 100 км совпадает с максимумом теплового потока, т.е. и в этой структуре наблюдается отчетливая обратная корреляция  $Q$  и  $\mu_z$ . Южно-Охотский рифт, в свою очередь, сопровождается интенсивной линейной аномалией теплового потока (рис. 3б).

Выполненные исследования показывают, что основной вклад в тепловые аномалии Южно-Охотского рифта вносит подкорковая зона реологического разуплотнения, а астеносфера экранируется субдуцирующей Тихоокеанской плитой.



**Рис. 3. Плотностная контрастность (а, в), тепловой поток (б) и температура (г) тектоносферы Охотоморского региона**

1 – контуры Охотоморского плюма; 2 – шкала раскраски разреза «в». АП – Амурская плита. Другие обозначения на рис. 2

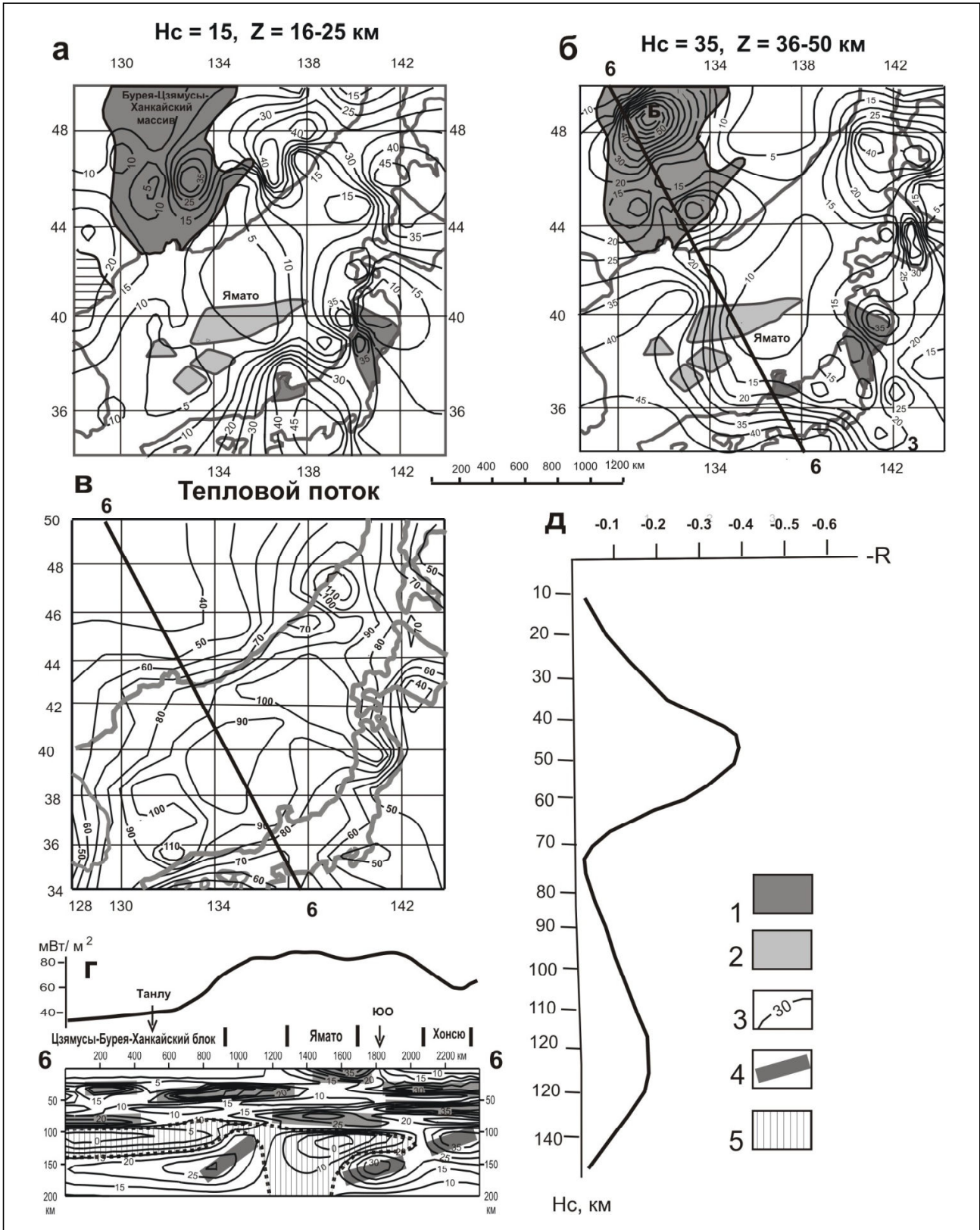
**Fig. 3. Density contrast (a, v), heat flow (b) and temperature (g) of the Okhotsk Sea Region ectonosphere**

1 – counters of the Okhotsk Sea Plume; 2 – color scale of the section “v”. АП – Amurian Plate. Other captures in Fig. 2

### Япономорский плюм

Рифтогенное происхождение Японского моря признается всеми исследователями [5], однако в последнее время многие из них склоняются к выводу, что при образовании Японского моря определенную роль сыграли плюмовые про-

цессы [8, 11, 22]. На существование структуры центрального типа плюмовой природы под Японским морем указывают изометричный минимум плотностной контрастности в интервале глубин 15–50 км (рис. 4а, б), аномалия теплового потока (рис. 4в), точно вписывающаяся в контуры бере-





**Рис. 4. Плотностная контрастность (а-б, з), тепловой поток, осреднение по данным [3] (в) и коэффициент корреляции  $Q$  и  $\mu_z$  в разных глубинных срезах  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели (д) Япономорского региона**

1 – допалеозойские комплексы; 2 – подводные возвышенности в Японском море [9]; 3 – изолинии плотностной контрастности (1 ед. =  $10^{-2}$  кг / м<sup>2</sup> / км) на схемах “а-б” и в разрезе г” и теплового потока (мВт / м<sup>2</sup>) на схеме “в”; 4 – жесткие пластины в земной коре и верхней мантии; 5 – астеносфера в разрезе (г). Обозначения структур над разрезом: ЮО – Южно-Охотский рифт.  $H_c$  – глубина среза  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели

**Fig. 4. Density contrast (a-b, z), heat flow (v) smoothed after [3] and the correlation coefficient between  $Q$  and  $\mu_z$  in different deep slices of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model (d) of the Sea of Japan Region**

1 – AR-PR tectonic units; 2 – under water rises in the Sea of Japan [9]; 3 – isolines of density contrast ( $10^{-2}$  kg / м<sup>2</sup> / км); 4 – rigid layers into the crust and upper mantle; 5 – asthenosphere in the section (g). Captures above sections: ЮО – South Okhotsk Rift.  $H_c$  – deep of slice of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model

говых линий, и широкое присутствие мантийных адакитов в составе вулканических пород [8, 22]. Астеносферная линза в голове Япономорского плюма имеет типичную для плюмов грибовидную форму и приближается к поверхности до глубины 80 км (рис. 4г).

Коррелируемость аномалий  $Q$  и  $\mu_z$  наблюдается здесь в двух интервалах глубин: 40–60 и, в меньшей степени, 110–130 км. Так же, как в Охотском море (рис. 1), в интервале глубин 60–110 км астеносфера экранируется жесткой пластиной, природа которой остается неясной. С одной стороны, она может быть фрагментом континентальной литосферы, а с другой – фрагментом Тихоокеанской, поскольку в разрезе  $\mu_z$ -модели прослеживается позднемеловая субдукция океанического слэба в западном районе Японского моря (рис. 4г). На границе Тихоокеанской плиты с Японской островной дугой первая расщеплена и зона расщепления заполнена астеносферой (рис. 4г).

График корреляции  $Q$  и  $\mu_z$  (рис. 4д) точно соответствует картам-средам распределений плотностной контрастности. По полученным данным (рис. 4), основным источником тепловых аномалий в Япономорском регионе является подкоровый вязкий слой. Меньший вклад вносит астеносфера, экранированная в интервале глубин 60–110 км тихоокеанским субдуцирующим слэбом.

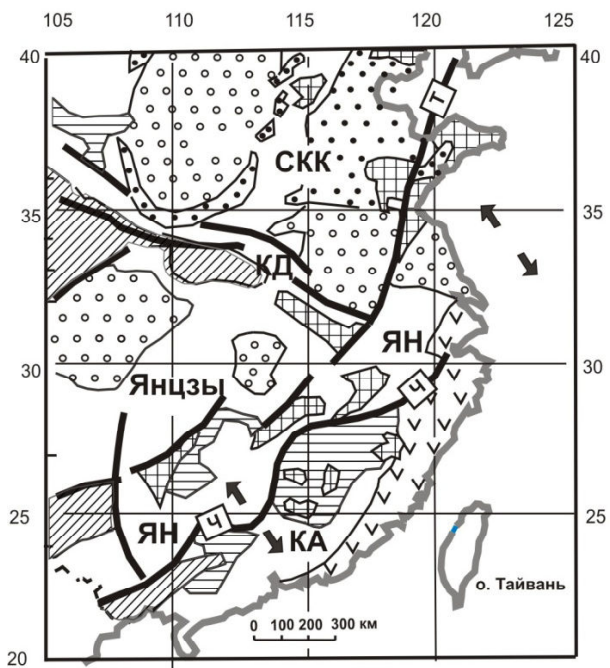
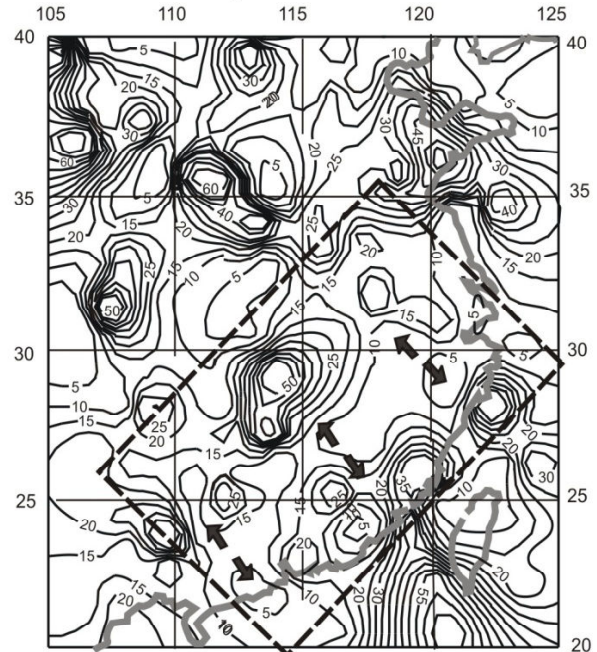
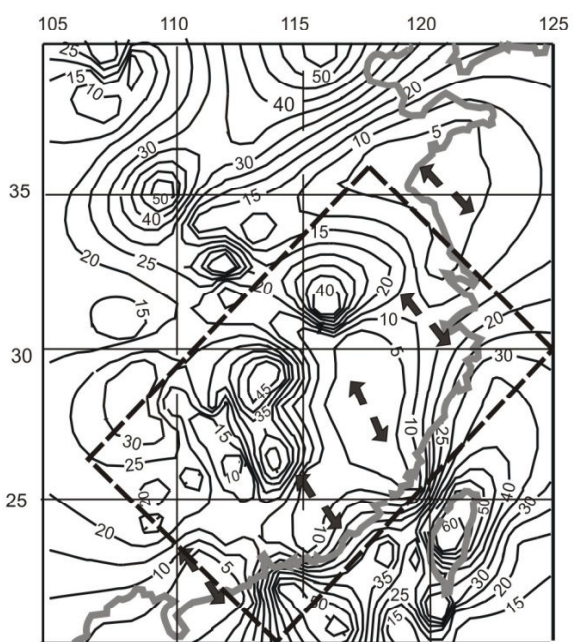
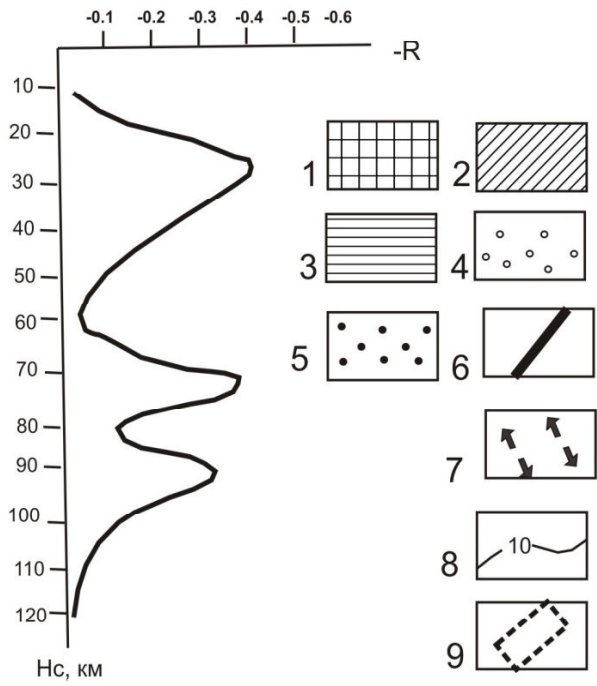
#### **Катазиатская структура растяжения-сдвига**

Катазиатский рифт расположен на границе Катазиатского блока со складчатым поясом Яньнань [32, 34, 43]. Иногда [41] этот пояс относят к восточному флангу плиты Янцзы. На большинстве тектонических схем границей этих структур является разлом Ченьжоу-Линву (рис. 5а). По ге-

ологическим данным, на этой границе установлены признаки растяжения [39] и вязкого сдвига [33, 44]. Структурное положение и геофизические аномалии в зоне растяжения идентичны Верхояно-Колымской зоне растяжения-сдвига. Мощность земной коры в Катазиатском блоке сокращена до 25–30 км [37, 47], а тепловой поток составляет в среднем более 70 мВт/м<sup>2</sup> [40]. Скорость сейсмических волн под Катазиатским блоком в среднем слое земной коры понижена до 5.8–6.2 км/с<sup>-1</sup> [38, 46], а в подкоровой мантии – до 8.05 км/с<sup>-1</sup> [46], что свидетельствует о значительной переработке этого блока глубинными флюидно-магматическими процессами. По данным сейсмической томографии, верхняя мантия Катазиатского блока тоже разуплотнена, что соответствует резкому понижению скорости поперечных сейсмических волн до 4.3 км/с<sup>-1</sup> в интервале глубин 70–130 км [47] и приближению астеносферы до глубины 60–70 км [37, 48].

В Катазиатском блоке петрологический анализ изверженных пород [31, 41] определил существование двух тектонических обстановок. В период 160–195 млн лет назад здесь проявились субдукционные процессы. По мнению большинства исследователей, последующие мезозойские и кайнозойские рифтогенные процессы на территории Юго-Восточного Китая (Катазиатский блок и прилегающие фланги плиты Янцзы) протекали длительное время в интервале 175–80 млн лет [37].

Катазиатская (Ченьжоу-Линву) зона сдвига проявлена минимумами в срезах на глубине 30 км (рис. 5б) и 70 км (рис. 5в), а в разрезах – в интервале глубин 60–150 км (рис. 6б). Зона растяжения сопровождается разрывом жестких тектонических пластин – типичным признаком рифтов [19,

**а****б****Нс = 30, Z = 32-45 км****в****Нс = 70, Z = 72-100 км****г**

**Рис. 5. Тектоническая схема (а) [41, 45], плотностная контрастность (б-в) и коэффициент корреляции  $Q$  и  $\mu_z$  в разных глубинных срезах  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели (г) тектоносферы Юго-Восточного Китая**

1 – допалеозойский фундамент; 2–3 – чехол и складчатые комплексы: неопротерозойские и раннепалеозойские (2), палеозойские (3); 4–5 – осадочные бассейны: мезозойские (4) и кайнозойские (5); 6 – разломы: Т – Танлу, Ч – Ченьжоу-Линву; 7 – Катазиатская (Ченьжоу-Линву) зона растяжения-сдвига [39]; 8 – изолинии плотностной контрастности; 9 – контур площади корреляционного анализа. Обозначения структур: СКК – Северо-Китайский кратон, ЯН – Складчатый пояс Яннань, КА – Катазиатский блок.  $H_c$  – глубина среза  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели

**Fig. 5. Tectonic scheme (a) [41, 45], density contrast (б-в), and the correlation coefficient  $Q$  and  $\mu_z$  in different deep slices of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model (г) of South East China tectonosphere**

1 – AR-PR tectonic units; 2–3 – cover and folded units: Early Paleozoic (2), Paleozoic (3); 4–5 – sedimentary basins: Mesozoic (4), Cenozoic (5); 6 – faults: T – Tanlu, Ч – Chenzhou-Linwu; 7 – Katasian (Chenzhou-Linwu) stretch-shear zone [39]; 8 – isolines of density contrast ( $10^{-2} \text{кг} / \text{м}^2 / \text{км}$ ); 9 – counter of the area for the correlation analysis. Structures: СКК – North China Craton, ЯН – Jangnang Folded Belt, КА – Katasian Block.  $H_c$  – deep of slice of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model

22]. Сдвиговая составляющая в зоне растяжения выражена изгибом глубинного разлома Ченьжоу-Линву (рис. 5а) и дугообразной формой оси рифта (рис. 5в). По геологическим данным [35, 42], в зоне растяжения Ченьжоу-Линву обнаружены признаки косо́й субдукции, т.е. субдукция и последующее растяжение сопровождалось (или завершалось) трансформным сдвигом, параллельным границе континента.

Корреляционный анализ  $Q$  и  $\mu_z$  в точках регулярной сети обнаружил три максимума отрицательного коэффициента корреляции этих параметров на глубинах 30, 70 и 90 км (рис. 5г). Первый соответствует подошве земной коры, второй и третий – астеносфере, разделяемой океаническим слэбом, субдуцированным под Катазиатскую литосферу со стороны Южно-Китайского моря. График коэффициента корреляции очень похож на график связи  $Q$  и  $\mu_z$ -параметра в Охотоморском регионе (рис. 1д), где также на границе Тихоокеанской плиты с Охотоморской совмещены следы субдукционных и рифтогенных процессов.

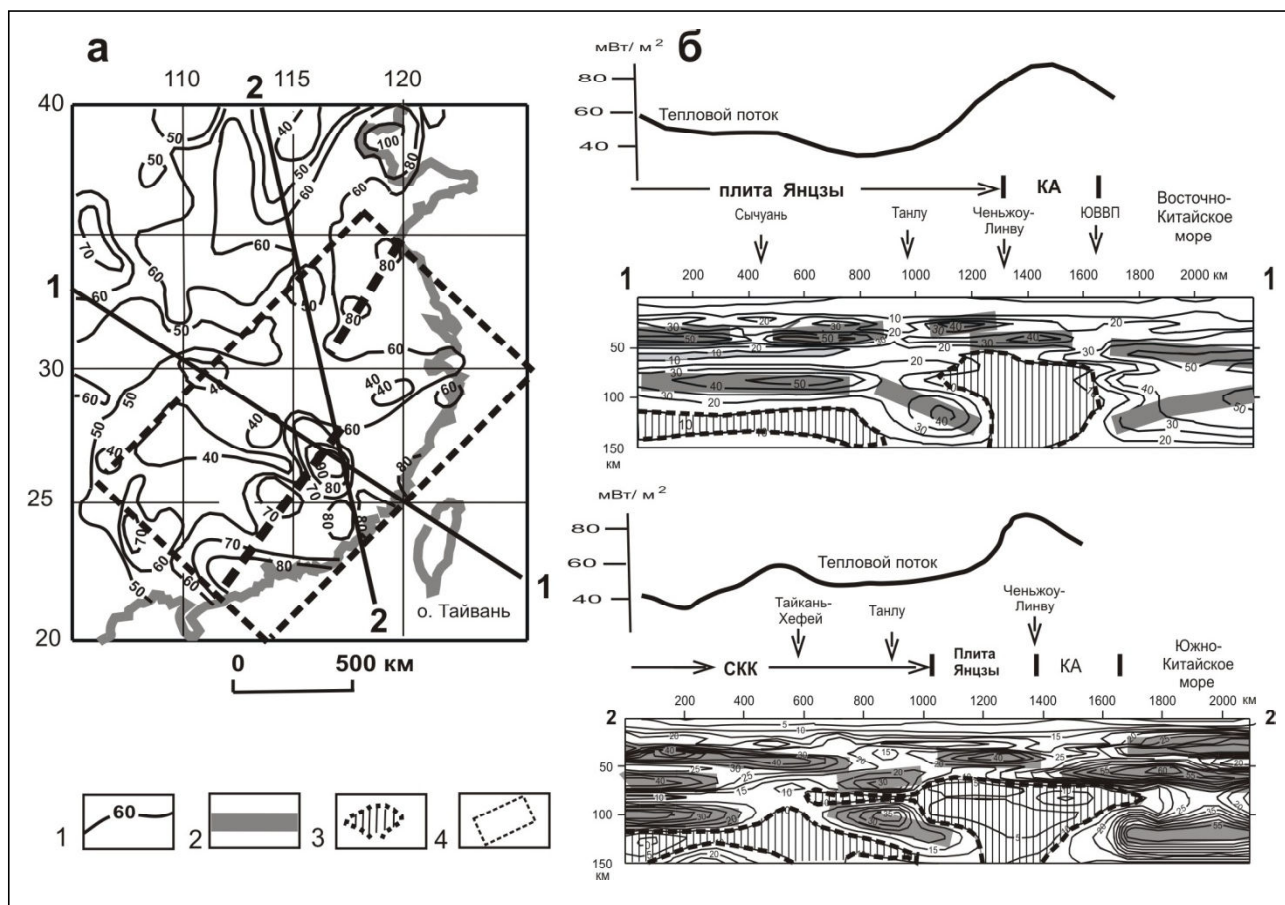
#### **Заключение**

Результаты корреляционного анализа тепловых аномалий и распределений плотностной контрастности ( $\mu_z$ -параметра) в трех рифтогенных и одной плюмовой структурах Восточной Азии доказывают селективную обратную корреляцию  $\mu_z$ -минимумов и теплового потока в сопоставимых интервалах глубин. В рифтогенных структурах корреляция наблюдается в интервалах глубин 20–30, 70–80 и 100 км. В надплюмовом простран-

стве (Япономорский регион) корреляция проявлена на глубинах 50 и 120 км. Из этого следует, что, с одной стороны, минимумы плотностной контрастности отображают участки горячей, вероятно частично или полностью расплавленной, мантии, а с другой – они залегают в двух основных интервалах глубин: подкорковой мантии (30–50 км) и астеносфере (70–120 км). Такое распределение соответствует двухъярусному строению литосферы [12, 17]. В трех районах (Охотоморском, Япономорском и Катазиатском) наибольший вклад в тепловой поток вносит подкорковый вязкий слой, а в Индиги́ро-Колымском – астеносфера. Различия обусловлены взаимоотношениями линейных (рифты) и плюмовых структур на границах дивергентных плит. Все рифтогенные структуры характеризуются разрывами жестких слоев, отображаемых максимумами  $\mu_z$ -параметра, а структуры центрального типа плюмовой природы – концентрически зональным распределением плотностной контрастности [16, 21].

Одинаковая корреляция  $Q$  и  $\mu_z$ -параметра в удаленных друг от друга районах свидетельствует об идентичном глубинном строении и универсальности тектонических обстановок на восточной окраине Азии, где сочетаются субдукционные, рифтогенные и плюмовые процессы на границах литосферных плит.

**Работа выполнена в соответствии с темой научных исследований, утвержденной государственным заданием Министерства науки и высшего образования: «Изучение геологического**



**Рис. 6. Тепловой поток (а) и разрезы  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели (б) в Юго-Восточном Китае:**

1 – изолинии теплового потока, (мВт / м<sup>2</sup>) [13]; 2 – жесткие пластины; 3 – астеносфера; 4 – контур площади корреляционного анализа. Обозначения структур над разрезами: КА – Катазиатский блок, ЮВВП – Юго-Восточный вулканический пояс, ССК – Северо-Китайский кратон.  $H_c$  – глубина среза  $\mu_z(x, y, H_c)$ -модели

**Fig. 6. heat flow (a) smoothing after [13] and density contrast sections of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model (б) in the South East China:**

1 – isolines of the Heat flow, mWt m<sup>2</sup> smoothed after [13]; 2 – rigid layers into the crust and upper mantle; 3 – asthenosphere; 4 – counter of the area for the correlation analysis. Captures above sections: КА – Katasian Block, NCC – North China Craton, ЮВВП – South Eastern Volcanic Belt.  $H_c$  – deep of slice of  $\mu_z(x, y, H_c)$ -model

**строения и моделирование глубинных структур земной коры и верхней мантии Восточной Азии и оценка современного состояния и динамики геосистем (2021-2023)» (№ гос. регистрации 0234-2021-0006).**

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Белявский В.В., Егоркин А.Н., Золотов Е.Е. и др. Сейсмoeлектрические параметры тектоносферы Евразийского складчатого пояса // *Фундаментальные проблемы тектоники: материалы XL Тектонического совещания*. М.: Геос, 2007. Т. 1. С. 79–81.

2. Вашилов Ю.Я., Гайдай Н.К., Максимов А.Е., Любомудров В.В., Лучинина А.В., Постникова В.В. Полиастеносфера Северо-Востока России – методы изучения, структура, кинематика, динамика // *Астеносфера и литосфера Северо-Востока России (структура, геокинематика, эволюция)*. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. С. 135–142.

3. Веселов О.В. Геотермия тектосферы Японо-Охотоморского региона: дис. ... канд. геол.-мин. наук. Хабаровск: ИТИГ ДВО РАН, 2005. 24 с.

4. Викулин А.В. Введение в физику Земли: учеб. пособ. для геофизич. спец. Петропавловск-Камчатский: ИВИС ДВО РАН, 2004. 239 с.
5. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 981 с.
6. Глубинное строение и металлогения Восточной Азии / ред. А.Н. Диденко, В.Б. Каплун, Ю.Ф. Малышев. Владивосток: Дальнаука, 2010. 332 с.
7. Горнов П.Ю. Сейсмичность, границы и тепловое поле литосферных плит Северо-Востока Евразии // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска. Южно-Сахалинск, 2015. С. 55–59.
8. Емельянова Т.А., Петрищевский А.М., Изосов Л.А., Ли Н.С., Пугачев А.А. Позднемезозойско-кайнозойские этапы вулканизма и геодинамика Японского и Охотского морей // Петрология. 2020. Т. 28, № 5. С. 468–481.
9. 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.
10. Каплун В.Б. Электропроводность и структура литосферы Приамурья: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Хабаровск: ИТИГ ДВО РАН, 2005. 24 с.
11. Леликов Е.П., Емельянова Т.А., Пугачев А.А. Вулканизм и тектоника Центральной глубоководной котловины Японского моря // Океанология. 2018. Т. 58, № 1. С. 129–144.
12. Лобковский Л.И. Геодинамика спрединга, субдукции и двухъярусная тектоника плит. М.: Наука, 1988. 256 с.
13. Лысак С.В. Термальная эволюция, геодинамика и современная геотермальная активность литосферы Китая // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 8. С. 1058–1071.
14. Петрищевский А.М., Злобин Т.К. Плотностная неоднородность тектоносферы Охотоморского региона // Ученые записки Сахалинского государственного университета. 2004. Вып. 4. С. 10–20.
15. Петрищевский А.М. Вязкий слой на границе кора-мантия на Дальнем Востоке // Геотектоника. 2008. № 5. С. 37–48.
16. Петрищевский А.М. Гравитационный метод оценки реологических свойств земной коры и верхней мантии (в конвергентных и плюмовых структурах Северо-Восточной Азии). М.: Наука, 2013. 192 с.
17. Петрищевский А.М. Гравитационные модели двухъярусной коллизии литосферных плит на Северо-Востоке Азии // Геотектоника. 2013. № 6. С. 60–83.
18. Петрищевский А.М. Реологическая и геотермическая характеристики Охотоморского плюма // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, № 2. С. 65–76.
19. Петрищевский А.М. Рифтогенные структуры и нефтегазоносность в реологических гравитационных моделях земной коры // Геофизика. 2019. № 4. С. 42–51.
20. Петрищевский А.М. Одно практическое следствие теорем единственности и эквивалентности обратных задач гравитационного потенциала // Геофизика. 2020. № 4. С. 98–111.
21. Петрищевский А.М., Юшманов Ю.П. Реология и металлогения Мая-Селемджинского плюма // Доклады РАН. 2011. Т. 440, № 2. С. 207–212.
22. Петрищевский А.М., Изосов Л.А., Емельянова Т.А., Васильева М.А., Ли Н.С. Строение, реология, петрология и геодинамика тектоносферы Японского моря // Океанология. 2021. Т. 61, № 1. С. 116–131.
23. Пискарев А.Л., Буценко В.В., Поселов В.А., Савин В.А. Глубинное строение земной коры Охотского моря по данным 3D-сейсмоплотностного моделирования // Океанология. 2012. Т. 52, № 3. С. 437–448.
24. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. М.: МГУ, 2002. 506 с.
25. Структура и динамика литосферы и астеносферы Охотоморского региона. Результаты исследований по международным геофизическим проектам / ред. А.Г. Родников. М., 1996. 337 с.
26. Тектоника и геодинамика и металлогения территории республики Саха (Якутия). М.: Наука, 2001. 571 с.
27. Тектоносфера Тихоокеанской окраины Азии / под ред. В.В. Гордиенко. Владивосток: ДВО РАН, 1992. 238 с.
28. Туезов И.К., Епанешников В.Д., Хаякава М. Геотермия. Региональные проблемы. Моделирование. Практические приложения. М.: Недра, 1995. 303 с.
29. Шахтыров В.Г. Верхне-Колымский золотоносный район в свете сдвиговой тектоники // Известия Сибирского отделения РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2009. № 2 (35). С. 89–98.

30. Юшманов Ю.П. Золотоносные вихревые структуры в сдвиговых дуплексах Дальнего Востока: Центральная Колыма и Нижнее Приамурье // Отечественная геология. 2019. № 3. С. 55–62.
31. Cai G., Wan Zh., Yao Y., Zhong L., Zheng H., Kapsiotis A., Zhang C. Mesozoic Northward Subduction Along the SE Asian Continental Margin Inferred from Magmatic Records in the South China Sea // Minerals. 2019. Vol. 9, N 598. P. 2–25. DOI: 10.3390/min9100598.
32. Chen Y., Xie J. Resolution, uncertainty and data predictability of tomographic Lg attenuation models – application to Southeastern China // *Geophysical Journal International*. 2017. Vol. 210, N 1. P. 166–183. DOI: 10.1093/gji/ggx147.
33. Faure M., Chen Y., Feng Z., Shu L., Xu Z. Tectonics and Geodynamics of South China: an introductory note // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2017. Vol. 141. P. 1–6. DOI: 10.1016/j.jseas.2016.11.031.
34. He C., Dong S., Santosh M., Chen X. Seismic Evidence for a Geosuture between the Yangtze and Cathaysia Blocks, South China // *Scientific Reports*. 2013. N 3. 2200.
35. Jia L., Mao J., Liu P., Miao Yu.M. Crust–mantle interaction during subduction zone processes: Insight from late Mesozoic I-type granites in eastern Guangdong, SE China // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2020. Vol. 192. 104284.
36. Klemperer S.I. A relation between continental heat flow and the seismic reflectivity of the lower crust // *Journal of Geophysics*. 1987. Vol. 61, N 1. P. 1–11.
37. Li T. The principal characteristics of the lithosphere of China // *Geoscience Frontiers*. 2010. Vol. 1. P. 45–56.
38. Lin J., Xu T., Cai H., et al. Crustal velocity structure of Cathaysia Block from an active-source seismic profile between Wanzai and Hui'an in SE China // *Tectonophysics*. 2021. Vol. 811. 228874.
39. Ren J., Tamaki S. Li., Zhan J. Late Mesozoic and Cretaceous rifting and its dynamic setting in Eastern China and adjacent areas // *Tectonophysics*. 2002. Vol. 344. P. 175–205.
40. Tao W., Shen Z. Heat flow distribution in Chinese continent and its adjacent areas // *Natural Science*. 2008. Vol. 18. P. 843–849.
41. Wang Y., Zhang F., Fan W., Zhang G., Chen S., Cawood P.A., Zhang A. Tectonic setting of the South China Block in the early Paleozoic: Resolving intracontinental and ocean closure models from detrital zircon U–Pb geochronology // *Tectonics*. 2010. Vol. 29. TC6020. P. 1–16. DOI: 10.1029/2010TC002750.
42. Wang F.Y., Ling M.X., Ding X., Hu Y.H., Zhou J.B., Yang X.Y. Mesozoic large magmatic events and mineralization in SE China: oblique subduction of the Pacific plate // *International Geology Review*. 2011. Vol. 53, N 5–6. P. 704–726.
43. Xia Y., Xu X., Niu Y., Liu L. Neoproterozoic amalgamation between Yangtze and Cathaysia blocks: the magmatism in various tectonic settings and continent-arc-continent collision // *Precambrian Research*. 2018. Vol. 309. P. 56–87.
44. Yao J.L., Cawood P.A., Shu L.S., Santosh M., Li J.Y. An early Neoproterozoic accretionary prism ophiolitic Mélange from the Western Jiangnan Orogenic Belt, South China // *The Journal of Geology*. 2016. Vol. 124, N 5. P. 587–601.
45. Zhai M., Zhou Ya. General Precambrian Geology in China // *Precambrian Geology of China*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. P. 3–56.
46. Zhang Z., Wang Y. Crustal structure and contact relationship revealed from deep seismic sounding data in South China // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 2007. Vol. 165 (1–2). P. 114. DOI:10.1016/j.pepi.2007.08.005.
47. Zhou L., Xie J., Shen W., Zheng Y., Yang Y., Shi H., Ritzwolle M.H. The structure of the crust and uppermost mantle beneath South China from ambient noise and earthquake tomography // *Geophys. J. Int.* 2012. Vol. 189. P. 1565–1583.
48. Zhu J.S., Cai X.L., Cao J.M., Yan Z.Q. Lithosphere structure and geodynamics in China and its adjacent areals // *Geology in China*. 2006. Vol. 33 (4). P. 793–803.

#### REFERENCES

1. Belyavskii V.V., Egorkin A.N., Zolotov E.E. i dr. Seismoelectric parameters of the tectonosphere of the Eurasian folded belt, in *Fundamental'nye problemy tektoniki: materialy XL Tektonicheskogo soveshchaniya* (Fundamental Problems of Tectonics: Proceedings of the XL Tectonic Meeting). Moscow: Geos Publ., 2007, vol. 1, pp. 79–81. (In Russ.).
2. Vashchilov Yu.Ya., Gaidai N.K., Maksimov A.E., Lyubomudrov V.V., Luchinina A.V., Postnikova V.V. Polyastenosphere of the North-East of Russia - methods of study, structure, kinematics, dynamics, in *Astenosfera i litosfera Severo-Vostoka Rossii (struktura, geokinematika, evolyutsiya)* (Asthenosphere and lithosphere in the north-east

- of Russia (their structures, geologic kinematics and development)). Magadan: NEISRI FEB RAS, 2003, pp. 135–142. (In Russ.).
3. Veselov O.V. Geothermics of a tectonosphere of the Japan-Sea – Sea of Okhotsk Region. Dissertation of cand. Sci. (geol.-mineral.). Khabarovsk: ITIG FEB RAS, 2005. 204 p. (In Russ.).
  4. Vikulin A.V. *Vvedenie v fiziku Zemli: ucheb. posob. dlya geofizich. spets.* (Introduction to the physics of the Earth). Petropavlovsk-Kamchatsky: IVS FEB RAS, 2004. 239 p. (In Russ.).
  5. *Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii* (Geodynamics, magmatism and metallogeny of the Russian East), A.I. Hanchuk, Ed. Vladivostok: Dalnauka Publ., 2006. 981 p. (In Russ.).
  6. *Glubinnoe stroenie i metallogeniya Vostochnoi Azii* (Deep structure and metallogeny of the Eastern Asia), A.N. Didenko, V.B. Kaplun, Yu.F. Malyshev, Eds. Vladivostok: Dalnauka Publ., 2010. 332 p. (In Russ.).
  7. Gornov P.Yu. Seismicity, boundaries and thermal field of the lithosphere plates of the North East Euro-Asia, in *Geodinamicheskie protsessy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorsk.* (Geodynamic processes and nature disasters. The Neftegorsk experience). Yuzhno-Sakhalinsk, 2015. pp. 55–59. (In Russ.).
  8. Emelyanova T.A., Izosov L.A., Lee N.S., Pugachev A.A., Petrishchevsky A.M. Late Mesozoic stages of the volcanism and geodynamics of the Japan and Sea of Okhotsk Seas. *Petrology*, 2020, vol. 28, no. 5, pp. 468–481. (In Russ.).
  9. Izosov L.A., Konovalov Yu.I., Emel'yanova T.A. *Problemy geologii i almazonosnosti zony perekhoda kontinent – okean (Yaponomorskii i Zheltomorskii regiony)* (Problems of Geology and diamond bearing of the continent-ocean transition zone (the Sea of Japan and Yellow Sea Regions). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2000. 326 p. (In Russ.).
  10. Kaplun V.B. Electrical conductivity and structure of the Amur lithosphere. Extended Abstract of Cand. Sci. (geol.-mineral.) Dissertation. Khabarovsk: ITIG FEB RAS, 2005. 24 p. (In Russ.).
  11. Lelikov E.P., Emelyanova T.A., Pugachev A.A. Volcanism and tectonics of the Central Deep Basin Sea of Japan. *Oceanology*, 2018, vol. 58, no. 1, pp. 129–144. (In Russ.).
  12. Lobkovskii L.I. *Geodinamika spreadinga, subduktzii i dvukh'yarusnaya tektonika plit* (Geodynamics of spreading, subduction and two-level tectonics of plates). Moscow: Nauka Publ., 1988. 256 p. (In Russ.).
  13. Lysak S.V. Thermal History, Geodynamics and Current Thermal Activity of Lithosphere in China. *Geologiya i geofizika*, 2009, vol. 50, no. 8, pp. 1058–1071. (In Russ.).
  14. Petrishchevsky A.M., Zlobin T.K. Density inhomogeneity of the Sea of Okhotsk Region's lithosphere. *Uchenye zapiski Sakhalinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2004, no. 4, pp. 10–20. (In Russ.).
  15. Petrishchevsky A.M. A Viscous Layer at the Crust-Mantle Boundary in the Far East of Russia. *Geotektonika*, 2008, no. 5, pp. 37–48. (In Russ.).
  16. Petrishchevsky A.M. *Gravitatsionnyi metod otsenki reologicheskikh svoystv zemnoi kory i verkhnei mantii (v konvergentnykh i plyumovykh strukturakh Severo-Vostochnoi Azii)* (Gravity method for evaluation of rheological properties of the crust and uppermost mantle (in the convergent and plume structures of the North-East Asia)). Moscow: Nauka Publ., 2013. 192 p. (In Russ.).
  17. Petrishchevsky A.M. Gravity Models of Two-Level Collision of Lithospheric plates in Northeastern Asia. *Geotektonika*, 2013, no. 6, pp. 60–83. (In Russ.).
  18. Petrishchevsky A.M. Rheological and geothermal features of the Okhotsk Sea plume. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, 2016, vol. 327, no. 2, pp. 65–76. (In Russ.).
  19. Petrishchevsky A.M. Rift Structures and Oil-Gas Bearing in the Gravity Rheological Models of the Crust. *Geofizika*, 2019, no. 4, pp. 42–51. (In Russ.).
  20. Petrishchevsky A.M. One Practical Consequence from Theorems of Uniqueness and Equivalence of Inverse Gravity Problem. *Geofizika*, 2020, no. 4, pp. 98–111. (In Russ.).
  21. Petrishchevsky A.M., Yushmanov Y.P. Rheology and Metallogeny of the Maya-Selemdzha Plume. *Doklady RAN*, 2011, vol. 440, no. 2, pp. 207–212. (In Russ.).
  22. Petrishchevsky A.M., Vasileva M.A., Izosov L.A., Emelyanova T.A., Lee N.S. Structure, Rheology, Petrology, and Geodynamics of the Tectonosphere of the Sea of Japan. *Okeanologiya*, 2021, vol. 61, no. 1, pp. 116–131. (In Russ.).
  23. Piskarev A.L., Butsenko V.V., Poselov V.A., Savin V.A. Deep Structure of the Crust Beneath the Sea of Okhotsk Inferred from 3d Seismic Density Modeling. *Okeanologiya*, 2012, vol. 52, no. 3, pp. 437–448. (In Russ.).

24. Sorokhtin O.G., Ushakov S.A. *Razvitie Zemli* (Evolution of the Earth). Moscow: MSU, 2002. 506 p. (In Russ.).
25. *Struktura i dinamika litosfery i astenosfery Okhotomorskogo regiona. Rezul'taty issledovaniya po mezhdunarodnym geofizicheskim proektam* (Structure and dynamics of lithosphere and asthenosphere of the Sea of Okhotsk Region. Results of researches on International Geophysical projects), A.G. Rodnikov, Ed. Moscow, 1996. 337 p. (In Russ.).
26. *Tektonika i geodinamika i metallogeniya territorii respubliki Sakha* (Yakutiya). (Tectonics, geodynamics and metallogeny of the Sakha republic territory). Moscow: Nauka Publ., 2001. 571 p. (In Russ.).
27. *Tektonosfera Tikhookeanskoi okrainy Azii* (Tectonosphere of the Pacific margin of Asia), V.V. Gordienko, Ed. Vladivostok: FEB RAS, 1992. 238 p. (In Russ.).
28. Tuezov I.K., Epaneshnikov V.D., Khayakava M. *Geotermiya. Regional'nye problemy. Modelirovanie. Prakticheskie prilozheniya* (Geothermy. Regional problems. Modeling. Practical applications). Moscow: Nedra Publ., 1995. 303 p. (In Russ.).
29. Shakhtyrov V.G. The Upper Kolymian Auriferous Area from Viewpoints of the Strike-Slip Fault Tectonics Theory. *Izvestiya sibirskogo otdeleniya RAEN. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii*, 2009, no. 2 (35), pp. 89–98. (In Russ.).
30. Yushmanov Yu.P. Gold Vortex Structures in Shear Duplexes of the Far East: the Central Kolyma, Lower Priamurye. *Otechestvennaya geologiya*, 2019, no. 3, pp. 55–62. (In Russ.).
31. Cai G., Wan Zh., Yao Y., Zhong L., Zheng H., Kapsiotis A., Zhang C. Mesozoic Northward Subduction Along the SE Asian Continental Margin Inferred from Magmatic Records in the South China Sea. *Minerals*, 2019, vol. 9, no. 598, pp. 2–25. DOI: 10.3390/min9100598.
32. Chen Y., Xie J. Resolution, uncertainty and data predictability of tomographic Lg attenuation models – application to Southeastern China. *Geophysical Journal International*, 2017, vol. 210, no. 1, pp. 166–183. DOI: 10.1093/gji/ggx147.
33. Faure M., Chen Y., Feng Z., Shu L., Xu Z. Tectonics and Geodynamics of South China: an introductory note. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2017, vol. 141, pp. 1–6. DOI: 10.1016/j.jseas.2016.11.031.
34. He C., Dong S., Santosh M., Chen X. Seismic Evidence for a Geosuture between the Yangtze and Cathaysia Blocks, South China. *Scientific Reports*, 2013, no. 3, 2200.
35. Jia L., Mao J., Liu P., Miao Yu.M. Crust–mantle interaction during subduction zone processes: Insight from late Mesozoic I-type granites in eastern Guangdong, SE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2020, vol. 192, 104284.
36. Klemperer S.I. A relation between continental heat flow and the seismic reflectivity of the lower crust. *Journal of Geophysics*, 1987, vol. 61, no. 1, pp. 1–11.
37. Li T. The principal characteristics of the lithosphere of China. *Geoscience Frontiers*, 2010, vol. 1, pp. 45–56.
38. Lin J., Xu T., Cai H., et al. Crustal velocity structure of Cathaysia Block from an active-source seismic profile between Wanzai and Hui'an in SE China. *Tectonophysics*, 2021, vol. 811, 228874.
39. Ren J., Tamaki S. Li., Zhan J. Late Mesozoic and Cretaceous rifting and its dynamic setting in Eastern China and adjacent areas. *Tectonophysics*, 2002, vol. 344, pp. 175–205.
40. Tao W., Shen Z. Heat flow distribution in Chinese continent and its adjacent areas. *Natural Science*, 2008, vol. 18, pp. 843–849.
41. Wang Y., Zhang F., Fan W., Zhang G., Chen S., Cawood P.A., Zhang A. Tectonic setting of the South China Block in the early Paleozoic: Resolving intracontinental and ocean closure models from detrital zircon U-Pb geochronology. *Tectonics*, 2010, vol. 29, TC6020, pp. 1–16. DOI: 10.1029/2010TC002750
42. Wang F.Y., Ling M.X., Ding X., Hu Y.H., Zhou J.B., Yang X.Y. Mesozoic large magmatic events and mineralization in SE China: oblique subduction of the Pacific plate. *International Geology Review*, 2011, vol. 53, no. 5–6, pp. 704–726.
43. Xia Y., Xu X., Niu Y., Liu L. Neoproterozoic amalgamation between Yangtze and Cathaysia blocks: the magmatism in various tectonic settings and continent-arc-continent collision. *Precambrian Research*, 2018, vol. 309, pp. 56–87.
44. Yao J.L., Cawood P.A., Shu L.S., Santosh M., Li J.Y. An early Neoproterozoic accretionary prism ophiolitic Mélange from the Western Jiangnan Orogenic Belt, South China. *The Journal of Geology*, 2016, vol. 124, no. 5, pp. 587–601.
45. Zhai M., Zhou Ya. General Precambrian Geology in China, in *Precambrian Geology of China*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015, pp. 3–56.



46. Zhang Z., Wang Y. Crustal structure and contact relationship revealed from deep seismic sounding data in South China. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 2007, vol. 165 (1–2), pp. 114. DOI:10.1016/j.pepi.2007.08.005.
47. Zhou L., Xie J., Shen W., Zheng Y., Yang Y., Shi H., Ritzwolle M.H. The structure of the crust and uppermost mantle beneath South China from ambient noise and earthquake tomography. *Geophys. J. Int.*, 2012, vol. 189, pp. 1565–1583.
48. Zhu J.S., Cai X.L., Cao J.M., Yan Z.Q. Lithosphere structure and geodynamics in China and its adjacent areals. *Geology in China*, 2006, vol. 33 (4), pp. 793–803.

CONNECTION OF HEAT FLOW ANOMALIES WITH ZONES  
OF RHEOLOGICAL LOWER DENSITY CONTRAST IN UPPER MANTLE  
OF THE EASTERN ASIAN MARGINS

A.M. Petrishchevsky

*Results of the correlation analysis of heat flow anomalies with distributions of density contrast ( $\mu_z$ -parameter) in rifting and plume structures on eastern margin of Asia which prove selective return correlation of these parameters in intervals of depths corresponding to the provision of the subcrustal viscous layer (the deep interval 25–45 км) and asthenosphere (the deep interval 70–90 км) are considered. The South-Okhotsk rift has anomalous characteristic, where subcrustal layer locates at the depth of 10–25 km, and asthenosphere – 45–55 km. In most regions (South Okhotsk, Sea of Japan, Cathaysia) main contribution to the heat flow brings a subcrustal viscous layer, but in the Indigiro-Kolimsky – asthenosphere contribution is prevailed over subcrustal one. The heat flow from an asthenosphere on Ceinzoic borders of lithospheric plates is screened by subduction's slabs. In the Chenzhou–Linwu fault zone at the boundary of the Yangtze plate and Cathaysia block the wide stretch-shear zone in lithosphere is revealed. The late is displayed by the density contrast minima at the depth interval of 30–100 km and heat flow anomalies. In this zone, on geological data, manifestations of stretching, viscous shear and oblique subduction are detected. The main contribution to thermal anomalies in rift structures is made by a subcrustal viscous layer. Identical correlation of  $Q$  and  $\mu_z$ -napamempa in the areas removed from each other testifies to an identical deep structure and universality of tectonic states on eastern margins of the Asia where in space and time subduction's rifting and plume processes are interfaced.*

**Key words:** heat flow, upper mantle, density contrast, rheology, Eastern Asia.

**Reference:** Petrishchevsky A.M. Connection of heat flow anomalies with zones of rheological lower density contrast in upper mantle of the Eastern Asian Margins. *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 4, pp. 35–49. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-35-49.

УДК 556.31(571.6)

## ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ТЕРМАЛЬНЫХ И ХОЛОДНЫХ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА (КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ)

В.А. Потурай

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679000,  
e-mail: poturay85@yandex.ru

*В настоящей статье приведены результаты исследования состава и молекулярно-массового распределения кислородсодержащих органических соединений средней летучести в термальных и холодных подземных и поверхностных водах континентальной части юга Дальнего Востока. Методом капиллярной газовой хромато-масс-спектрометрии в термальных водах найдено 71 кислородсодержащее соединение, которые относятся к 10 гомологическим рядам; в холодных подземных и поверхностных водах обнаружено 36 соединений, которые относятся к 7 гомологическим рядам. Их относительное содержание в составе органического вещества средней летучести около 55% в термальных водах и около 45% в холодных подземных и поверхностных водах. Широкого распространения в термальных водах достигают эфиры, карбоновые кислоты и альдегиды. Эти соединения широко продуцируются в биосфере и имеют, вероятно, биогенное происхождение. На биогенный генезис указывают также особенности молекулярно-массового распределения карбоновых кислот и альдегидов (преобладание гомологов с четным числом атомов углерода в молекуле). Образование эфиров может быть связано с окислением органического вещества водовмещающих пород, а ароматических и азотсодержащих компонентов – с термогенными процессами, протекающими в гидротермальных системах. В холодных подземных и поверхностных водах максимальных относительных концентраций достигают эфиры, стероиды и кетоны. Отличие холодных вод от термальных заключается в преобладании стероидов в составе кислородсодержащих органических соединений в холодных подземных и поверхностных водах и незначительном распространении карбоновых кислот. Среди установленных соединений наблюдаются компоненты – индикаторы техногенного загрязнения. К ним относятся соединения, содержащие трет-бутильную группу и ДЭТА. Однако их доля в составе органического вещества средней летучести незначительна.*

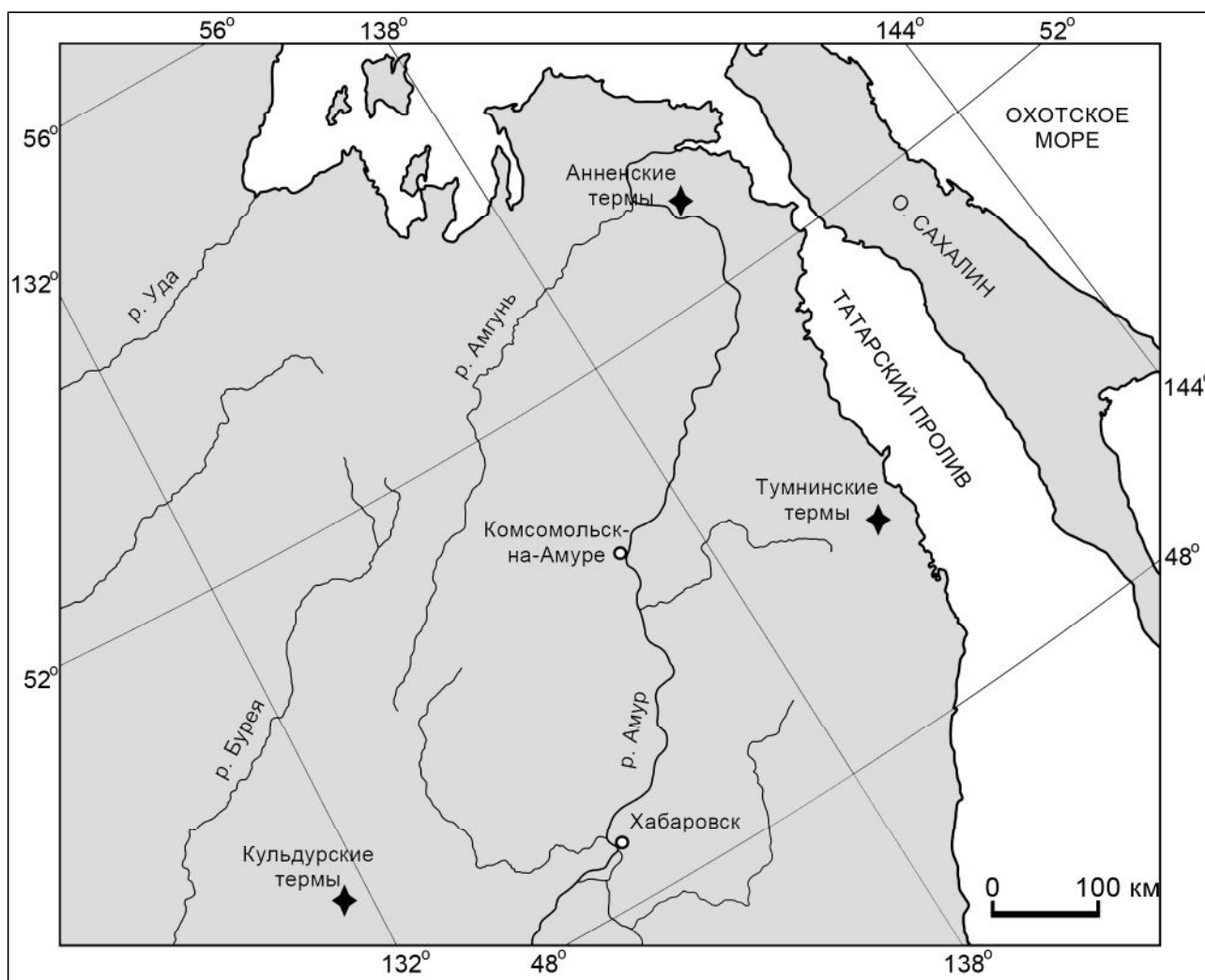
**Ключевые слова:** гидротермальная система, термальная вода, холодная вода, органическое вещество, генезис.

**Образец цитирования:** Потурай В.А. Органическое вещество в термальных и холодных подземных и поверхностных водах континентальной части юга Дальнего Востока (кислородсодержащие соединения) // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 4. С. 50–62. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-50-62.

### Актуальность

Гидротермальные системы континентальной части юга Дальнего Востока (ДВ) России представлены преимущественно азотными термами. Они обладают рядом характерных признаков, таких как невысокая общая минерализация, щелочность, высокое содержание кремнекислоты, преимущественно натриевый катионный состав и азот в качестве основного компонента в газовом составе. Одним из основных и важнейших факторов формирования указанных типов терм являются молодые тектонические разрывы в сочетании

со сложной сетью тектонической трещиноватости, пронизывающей массивы кристаллических пород [3, 22]. Термальные воды континентальной части юга ДВ пространственно приурочены к Буреинско-Охотской области распространения азотных терм [3], среди которых наиболее мощными термопроявлениями являются Кульдурские, расположенные в Еврейской автономной области, а также Анненские и Тумнинские – Хабаровский край (рис. 1). Это типичные напорные трещинно-жильные воды, поднимающиеся из глубин порядка 1–3 км. Их формирование происходит за



*Рис. 1. Обзорная карта с местом расположения исследуемых термальных полей*

*Fig. 1. Overview map of the explored thermal fields' location*

счет инфильтрационных вод атмосферного происхождения, а нагревание обусловлено эффектом нормального геотермического градиента.

Органическое вещество (ОВ) в термальных водах континентальной части ДВ практически не изучалось. Начиная с 2007 года нами проводятся исследования состава ОВ средней летучести и изучение молекулярно-массового распределения предельных углеводородов (УВ) в термах ДВ [10, 16–19, 27]. Однако состав и молекулярно-массовое распределение кислородсодержащих соединений (КОС) и их сравнение в термальных водах с разной температурой и в холодных подземных и поверхностных водах районов геотермальных месторождений ДВ подробно не рассматривались. Вместе с тем это многочисленная группа веществ,

объединяющая несколько классов органических компонентов, которые являются биохимически важными соединениями и участвуют во многих процессах, происходящих в системе «вода – порода – газ – органическое вещество».

#### **Описание объектов исследования**

**Кульдурская гидротермальная система.** Кульдурское месторождение термальных вод находится в пределах Турано-Буреинской области азотных терм. Площадь ее совпадает с Буреинским массивом, сложенным докембрийскими метаморфическими образованиями [7]. В районе выделяются разломы четырех направлений – меридионального, северо-восточного, субширотного и северо-западного. Кульдурские источники выходят в центральной части Пионерского гранитного

массива и приурочены к зоне Меридионального разлома на участке пересечения с оперяющим его нарушением северо-восточного направления [11]. Кульдурское месторождение термальных вод является наиболее высокодебитным и высокотемпературным среди термальных полей континентальной части юга ДВ. Площадка месторождения приурочена к правобережной части долины р. Кульдур. Воды Кульдурского термального поля щелочные кремниевые хлоридно-фторидно-гидрокарбонатные натриевые, слабоминерализованные (минерализация до 0,5 г/дм<sup>3</sup>). Температура воды достигает 73 °С. Растворенная газовая составляющая терм представлена азотом (до 99%), в незначительном количестве метаном (0,8%), кислородом (0,5%) и аргоном (0,16%). Содержание растворенных в воде газов не превышает 0,04 г/дм<sup>3</sup>. Значение 100Аг/Ν<sub>2</sub> (1,39) близко к соотношению этих газов для нижних частей атмосферы (1,18), что позволяет предполагать воздушное происхождение азота в термах [4, 12]. Наиболее высокотемпературные воды (71–73 °С) вскрываются скважинами 1-87 и 2-87. Скважины 3-87 и 3 на поверхности располагаются на удалении от центральных скважин всего в 20–30 м, температура воды (55–60 °С) и дебит здесь уже существенно ниже. На флангах скважины (№ 5 и другие) вскрывают только теплые или холодные воды (рис. 2).

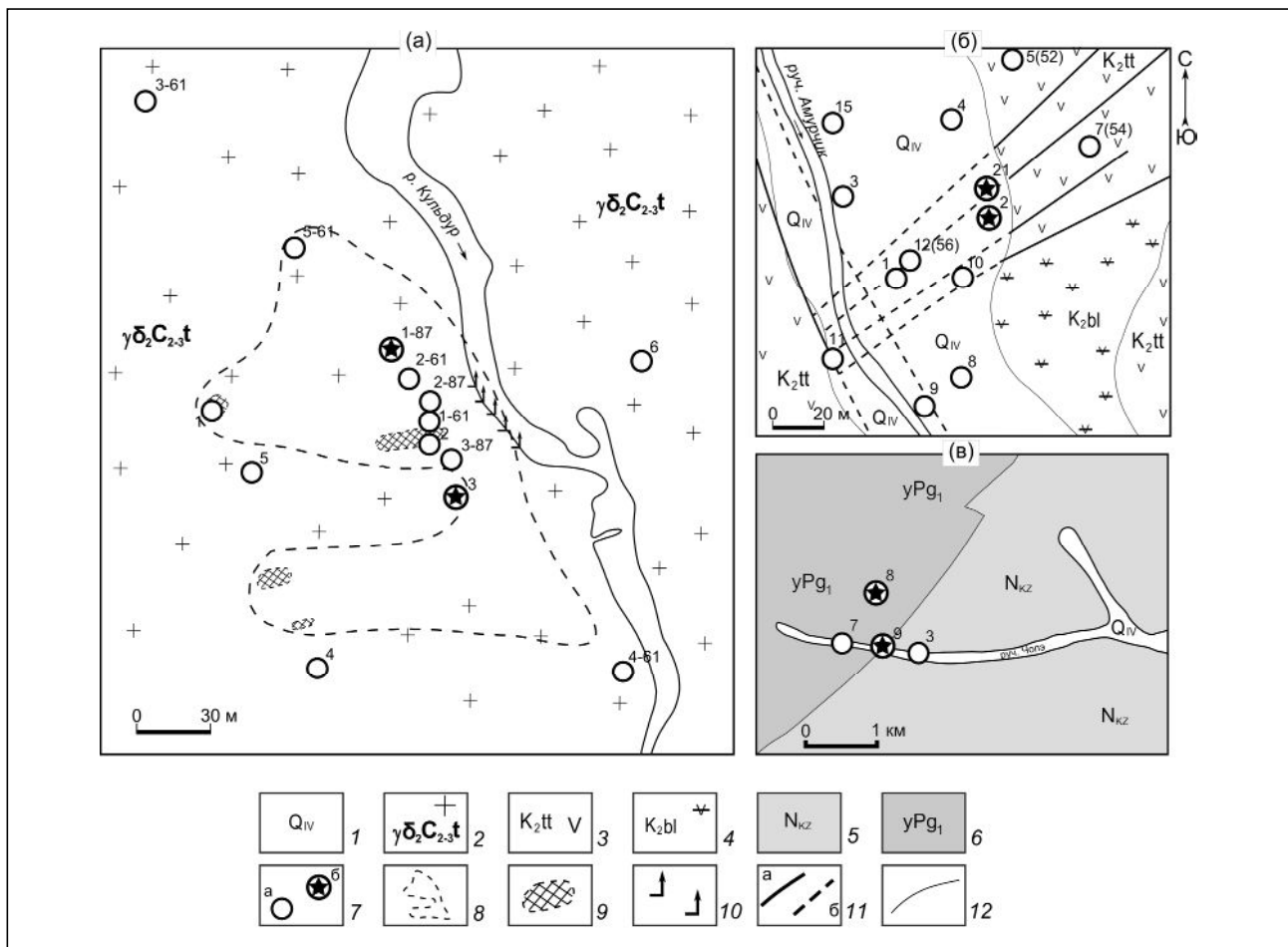
**Анненская гидротермальная система.** Анненское геотермальное месторождение располагается в Хабаровском крае, в 125 км от г. Николаевска-на-Амуре, у западных отрогов северной оконечности хребта Сихотэ-Алинь. Согласно схеме геолого-структурного районирования Хабаровского края и Амурской области территория находится на северной краевой части Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса Сихотэ-Алинской складчатой области [2, 7, 11]. Район месторождения сложен главным образом верхнемеловыми эффузивными и туфогенно-осадочными отложениями больбинской и татаркинской свит. Разрывные нарушения многочисленны и объединяются в четыре группы: СВ, СЗ, субширотного и субмеридионального простираний. Анненские термы приурочены к зоне разлома СВ простирания, наиболее древнего по времени заложения [11]. Выход Анненского термального источника располагается в узкой долине горного руч. Амурчик – правого притока р. Холодный Ключ, впадающей в озеро Гавань, которое протокой сообщается с р. Амур. В настоящее время эксплуатируются скважины № 2 – глубиной 43,8 м, и № 21 – глубиной 201,6 м (рис. 2). Воды имеют

температуру на выходе 54 °С, без запаха, бесцветные, прозрачные, слабоминерализованные (минерализация до 0,3 г/дм<sup>3</sup>), щелочные кремниевые гидрокарбонатные натриевые с повышенным содержанием фтора (2,5–3 мг/дм<sup>3</sup>). В газовом составе преобладает азот воздушного происхождения с примесью других газов (СН<sub>4</sub>, СО<sub>2</sub>, О<sub>2</sub>) [5].

**Тумнинская гидротермальная система.** Тумнинские термы находятся в Хабаровском крае, примерно в 30 км от Татарского пролива, северо-западнее г. Советская Гавань. Источники принадлежат Буреинско-Охотской области распространения азотных терм и связаны с крупной зоной тектонического контакта гранитов и андезито-базальтов кузнецовской свиты эоцена. Они относятся к Сихотэ-Алинскому вулканическому поясу Сихотэ-Алинской гидрогеологической складчатой области. Выходы источников приурочены к левобережной части долины горного ручья Чопэ, правого притока р. Тумнин [7, 12]. На месторождении эксплуатируются две скважины № 8 и № 9, с температурой воды 46 °С и 43 °С и глубиной 532 и 300 м соответственно (рис. 2). Термальные воды Тумнинского района слабоминерализованные (минерализация до 0,3 г/дм<sup>3</sup>), щелочные, кремниевые, гидрокарбонатные натриевые. Растворенные газы представлены в основном атмосферным азотом с незначительной примесью других газов (О<sub>2</sub>, СО<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>) [5].

#### **Методика исследования**

Исследование термальных и холодных подземных и поверхностных вод проводилось в летне-осенний период 2008, 2010–2012 и 2014 гг. Для отбора проб термальной воды на ОВ использовалась посуда из темного стекла с притертой крышкой емкостью 0,5 дм<sup>3</sup>, предварительно промытая хромовой смесью и дистиллированной водой. Всего было отобрано 18 проб горячих и холодных вод (по 4 из каждого геотермального месторождения и 6 проб холодных вод). Концентрат органических соединений получали методом твердофазной экстракции. Качественный анализ органических соединений проводили на газовом хроматомасс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010S (аналитик – В.Л. Рапопорт) и Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra (аналитик – В.А. Потурай). Были получены хроматограммы общего ионного тока (ОИТ) и селективного ионного тока (СИМ). Для каждого соединения было рассчитано относительное содержание в процентах. Пристальное внимание уделялось составу КОС, сумма которых приведена к 100%. Твердофазная экстракция и хроматомасс-спектрометрический анализ про-



**Рис. 2. Гидрогеологические схемы Кульдурского (а) [11]; Анненского (б) [11]; Тумнинского (в) [12] геотермальных месторождений**

1 – водоносный горизонт в современных аллювиальных отложениях малых рек и ручьев (на схеме (а) аллювиальные отложения сняты); 2 – позднепалеозойская водоносная зона трещиноватости интрузивных пород – граниты; 3 – верхнемеловые вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования татаркинской свиты (туфопесчаники, туфоконгломераты, риолиты); 4 – верхнемеловые вулканогенные образования больбинской свиты (андезиты); 5 – водоносный горизонт в миоценовых эффузивных образованиях кизинской свиты; 6 – подземные воды зоны выветривания в палеогеновых интрузивных породах; 7 – гидрогеологические скважины и их номера: а – разведочные и б – эксплуатационные, из которых производился отбор проб воды; 8 – контур температуры подземных вод (60–70 °С) на глубине 50–100 м от поверхности; 9 – очаги приповерхностной разгрузки термальных вод с температурой более 70 °С, зафиксированные в 1927 г.; 10 – разгрузка термальных вод в русло р. Кульдур; 11 – тектонические нарушения: а – выходящие на поверхность, б – перекрытые аллювиальными отложениями; 12 – границы геологических подразделений

**Fig. 2. Hydrogeological schemes of Kuldur (a); Annensk (b); Tumnin (c) geothermal field.**

1 – Aquifer of alluvial deposits. 2 – Late Paleozoic granite fracture aquifer. 3 – Upper Cretaceous volcanic and volcanic-sedimentary formations of the Tatarkinskaya Formation. 4 – Upper Cretaceous volcanic formations of the Bolbinskaya Formation. 5 – Aquifer in the Miocene effusive formations of the Kizinskaya Formation. 6 – Groundwater in the weathering zone. 7 – Hydrogeological wells, from which water samples were taken: a – exploration and b – production; their numbers. 8 – Groundwater temperature contour (60–70 °C) at a depth of 50–100 m from the surface. 9 – Hotbeds of near-surface discharge of thermal waters with a temperature of more than 70 °C, recorded in 1927. 10 – Unloading of thermal waters into the river Kuldur. 11 – Tectonic faults: a – emerging to the surface, b – overlain by alluvial deposits. 12 – Boundaries of geological units

водились в лаборатории Хабаровского краевого центра экологического мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (КЦЭМП) и в лаборатории ИКАРП ДВО РАН.

#### Результаты исследования и их обсуждение

КОС присутствуют во всех исследуемых термальных и холодных подземных и поверхностных водах, причем их доля в составе ОВ средней летучести составляет значительную часть, в среднем около 50%. Всего установлено 77 кислородсодержащих соединений, которые относятся к 10 гомологическим рядам (табл. 1). В термальных водах установлено 71 соединение / 10 рядов, которые занимают в среднем 55% от состава ОВ. В холодных подземных и поверхностных водах найдено 36 соединений / 7 рядов, занимающих в среднем 45% от общего состава ОВ.

Ранее в исследуемых термальных водах континентальной части ДВ нами было установлено 151 органическое соединение, которые относятся к 19 гомологическим рядам. Эти компоненты составляют частный биотический круговорот ОВ, утилизируясь термофильными и гипертермофильными микроорганизмами и поступая в воду в основном в результате процессов их жизнедеятельности и деструкции. Доминирующими соединениями здесь являются предельные и ароматические УВ, карбоновые кислоты и их эфиры, а также альдегиды и терпены. В холодных подземных и поверхностных водах районов исследуемых геотермальных месторождений обнаружено 75 компонентов органической природы, относящихся к 15 гомологическим рядам. Наибольшего распространения здесь достигают ряды биогенного происхождения – терпены, стероиды, карбоновые кислоты, эфиры и альдегиды [16].

К КОС относятся карбоновые кислоты, эфиры, альдегиды, кетоны, спирты и изопреноиды. Также сюда могут быть отнесены некоторые азотсодержащие соединения, ароматические УВ и стероиды. Эта обширная группа органических компонентов широко распространена в биосфере и присутствует в природных водах. Самые «многочисленные» гомологические ряды в исследуемых водах – это эфиры (23 соединения), карбоновые кислоты (18 соединений), альдегиды (10 соединений) и спирты (7 соединений). На остальные ряды приходится 19 соединений (ароматические УВ, кетоны, стероиды, азотсодержащие соединения, моноглицериды и изопреноиды) (табл. 1).

Доминирующим классом КОС в исследуемых водах являются эфиры, занимающие в среднем 33% (до 100%), при этом в термальных водах

эти соединения занимают в среднем около 42%. Это производные карбоновых кислот, в которых атом водорода карбоксильной группы замещен на углеводородный радикал или, как продукт замещения гидроксильного водорода в спиртах, на кислотный радикал органической кислоты (ацил) [1]. В исследуемых водах установлено 23 эфира, из них 22 встречены в термальных водах. Среди них широко распространены низкомолекулярные бутиловые эфиры. Простые и сложные эфиры являются характерными компонентами в континентальных термальных водах. Это связано с их широким распространением в биосфере и хорошей растворимостью в воде. Например, основными формами миграции ОВ в термоминеральных водах Западного Забайкалья являются также простые эфиры [21]. В термальных водах Испании в составе ОВ преобладают эфиры наряду с алифатическими и ароматическими УВ, альдегидами и кетонами [24]. Вероятно, в водовмещающих породах ОВ находится в виде битума в восстановленной форме, при взаимодействии воды с горными породами ОВ окисляется с образованием эфиров и спиртов [21]. Наличие эфиров в термальных водах также может быть обусловлено их поступлением в результате жизнедеятельности и деструкции микроорганизмов. Среди органических соединений, выделяемых бактериями, находятся и эфиры, при этом бактериальное ОВ содержит низкомолекулярные органические соединения с длиной углеродной цепи  $C_6-C_{16}$  [6].

К характерным компонентам в исследуемых водах относятся также карбоновые кислоты, достигающие 85% (в среднем 23%), при этом в термальных водах эти соединения в среднем занимают 28%. Карбоновые кислоты – производные УВ, которые содержат в молекуле одну или несколько карбоксильных групп –  $COOH$  [1]. Они синтезируются живыми организмами, причем при биогенном происхождении преобладают четные карбоновые кислоты, то есть содержащие четное число атомов углерода в молекуле. Наиболее широко распространены в природе миристиновая (тетрадекановая) и пальмитиновая (гексадекановая) кислоты [25, 29]. Молекулярно-массовое распределение карбоновых кислот указывает на их биогенный генезис в исследуемых водах (нечетные/четные в среднем 0,2). Всего установлено 18 карбоновых кислот.

Кроме них широко распространены альдегиды и кетоны, занимающие в среднем 19%, а только в термальных водах – 14%. Альдегиды и кетоны – производные УВ, в молекулах которых

## Кислородсодержащие органические соединения в исследуемых гидротермальных системах и холодных подземных и поверхностных водах

## Oxygen-containing organic compounds in the studied hydrothermal systems and cold ground and surface waters

№ п/п	Наименование компонента	Место отбора*	№ п/п	Наименование компонента	Место отбора*
<b>Кислородсодержащие ароматические УВ</b>			42	изо-пропилтетрадеcanoат	т
1	2-(1-фенил)-Фенол	а	43	метил дегидроабиеат	т
2	4-(1-фенил)-Фенол	а	44	миристил-миристат	т
3	2-трет-бутил-9Н-ксантен	а	45	2,2,4-триметил-1,3-пентандиол диизобутират	т
4	2,4,6-три-трет-бутил фенол	а, т, х	46	тетрадецил-тетрадеcanoат	х
5	2,6-дитретбутил-п-крезол	т	<b>Альдегиды</b>		<b>к, а, т, х</b>
<b>Карбоновые кислоты</b>			47	гексаналь	х
6	гексановая кислота	а, х	48	октаналь	к, х
7	октановая кислота	т	49	нонаналь	к, а, т, х
8	нонановая кислота	а, т, х	50	деканаль	к, а, т, х
9	декановая кислота	к, а, т, х	51	ундеканаль	к
10	ундекановая кислота	а	52	додеканаль	а, х
11	додекановая кислота	к, а, т, х	53	тетрадеканаль	а, х
12	тридекановая кислота	а	54	5,9,13-триметил-4,8,12- тетрадекатриеналь	т
13	9-тетрадеценная кислота	к	55	дегидроабиегаль	т
14	тетрадекановая кислота	к, а, т, х	56	гексадеканаль	х
15	9-пентадеценная кислота	к	<b>Кетоны</b>		<b>к, а, т, х</b>
16	пентадекановая кислота	к, а, х	57	геранил-ацетон	к, т
17	9-гексадеценная кислота	к	58	6,10,14-триметил-2-пентадеканон	а, х
18	гексадекановая кислота	к, а, т, х	59	7,9-ди-третбутил-1-оксапирано(4,5) дека-6,9-диен-2,8-дион	х
19	ненасыщенная кислота	к	60	циклопентанон	х
20	насыщенная кислота	к	61	2-нонадеканон	х
21	цис-9-октадеценная кислота	к	<b>Спирты</b>		<b>а, т, х</b>
22	октадекановая кислота	к	62	2-этилгексанол	а, т, х
23	13-изопропилподокарпа-7,13-диен- 15-овая кислота	а	63	алкил-диоксан-метанол	а, х
<b>Эфиры</b>			64	алкил-диоксан-метанол	а, х
24	9-гексадеценат	к	65	алкил-диоксан-метанол	а
25	2,2-диметил-1-(2-гидрокси-1- изопропил)пропил изобутират	к, т, х	66	алканол	а
26	3-гидрокси-2,2,4-триметилпентил изобутират	к, т, х	67	1-(2-бутоксипрокси)этанол	а
27	бутилацетат	а	68	алканол	а
28	н-бутиловый эфир	а	<b>Моноглицериды</b>		<b>к</b>
29	бутилакрилат	а, х	69	моноглицерид	к
30	бутилпропаноат	а, т, х	<b>Стероиды</b>		<b>к, а, х</b>
31	бутилбутаноат	а	70	стероид	к, а, х
32	пропилгептил эфир	а	71	стероид	к, а, х
33	диизобутиладипат	а	72	стероид	к, х
34	ацеталь	а	<b>Азот-кислород-содержащие соединения</b>		<b>а</b>
35	метил 9-оксоноаноат	а, х	73	2-гидрокси-бензонитрил	а
36	метил-дигидрожасминат	а, х	74	диэтилтолуамид (ДЭТА)	а
37	метил стеарат	а, х	75	6-амино-2-метил-4 (3Н)-пиримидинон	а
38	дибутилдекандикарбоноат	а, х	76	2-(п-метоксифенил)-5-метил-3- индазолинон	а
39	метил пальмитат	а, х	<b>Изопреноиды</b>		<b>т</b>
40	изопропил пальмитат	а, х	77	изопреноид	т
41	2-гидроксиметилтетрадеcanoат	т			

**Примечание:** \* гидротермальные системы: а – Анненская; к – Кульдурская; т – Тумнинская. х – холодные подземные и поверхностные воды

содержится 1 или более карбонильных групп =C=O [1]. В исследуемых водах установлено 10 альдегидов состава C<sub>6</sub>–C<sub>16</sub> и 5 кетонов, из них в термальных водах обнаружено 8 альдегидов и 2 кетона. Здесь также наблюдается значительное преобладание четных соединений (нечетные/четные – 0,5), что указывает на их биогенный генезис.

К КОС, установленным в исследуемых водах, относятся также ароматические и азотсодержащие соединения, стероиды, спирты, моноглицериды и изопреноиды. Ароматические соединения не характерны для природных вод, однако, они давно признаны одними из доминирующих компонентов в термальных водах. Кроме этого, гидротермальные условия благоприятны для образования низкомолекулярных ароматических соединений [26, 28, 30]. Следует отметить, что основная часть ароматических колец в природе связана с лигнином. Ароматические структуры также входят в состав эфирных масел и пигментов. Кроме этого, эти компоненты могут образовываться в природе и поступать в водные объекты в результате трансформации встречающихся в природе веществ [13, 14, 25]. К ароматическим компонентам, содержащим атом кислорода, которые установлены в термальных водах, относятся фенолы, ксантены и крезолы. Всего в термах найдено 5 соединений, в холодных подземных и поверхностных водах только одно.

Стероиды, изопреноиды и моноглицериды – явно биогенные компоненты, продукты животного и растительного происхождения. Азот-кислород-содержащие соединения – компоненты, содержащие атомы азота и кислорода, найдены были

только в Анненских термах (однако азотсодержащие соединения без атома кислорода установлены и в Кульдурских термах). Присутствие азотсодержащих компонентов, вероятно, объясняется преимущественно азотным газовым составом терм и наличием микроорганизмов функциональных групп азота (микробиологические исследования мы не проводили, но литературные данные свидетельствуют о том, что такие микроорганизмы обитают в Кульдурских источниках и аналогичных термальных водах Приморья [8–10]). Кроме этого, часть азотсодержащих компонентов относится к гетероароматическим соединениям. Эти компоненты образуются в результате разложения погребенного ОВ под действием высокой температуры, то есть имеют термогенное происхождение [23].

#### Кульдурская гидротермальная система.

В пределах Кульдурского геотермального месторождения были опробованы две скважины, вскрывающие горячие воды – скважина № 1-87, глубиной 100 м, с температурой воды на выходе 73 °С и скважина № 3, глубиной 116 м и с температурой воды 55 °С. Опробование производилось в октябре 2008 и сентябре 2011 г. Данные приведены в табл. 2. КОС от общего содержания ОВ здесь занимают в среднем 60%. Всего установлено 24 соединения из 6 гомологических рядов. Максимальных относительных концентраций достигают карбоновые кислоты (55%), альдегиды (25%), стероиды и эфиры (9% и 8%). Остальные ряды представлены кетонами и моноглицеридами, причем моноглицериды (сложные эфиры глицерина и жирных кислот) найдены были только в скважине № 3 в 2008 году. Среди карбоновых кислот макси-

Таблица 2  
Кислородсодержащие органические соединения в Кульдурских термальных водах и их содержание, %

Oxygen-containing organic compounds in Kuldur thermal waters and their content, %

Table 2

Наименование компонента	скв. 1-87, 2008 г.	скв. 1-87, 2011 г.	скв. 3, 2008 г.	скв. 3, 2011 г.
Карбоновые кислоты	–	84,3 (68,7)	67,9 (63,1)	68,6 (45,6)
Эфиры	–	15,7 (12,8)	10 (9,3)	6,5 (4,3)
Альдегиды	100 (16,1)	–	1,4 (1,3)	–
Кетоны	–	–	0,2 (0,2)	–
Моноглицериды	–	–	7,1 (6,6)	–
Стероиды	–	–	13,4 (12,5)	24,9 (16,6)
<b>Итого</b>	<b>100 (16,1)</b>	<b>100 (81,5)</b>	<b>100 (93)</b>	<b>100 (66,5)</b>

*Примечание:* «–» – компонент не установлен; в скобках приводится доля кислородсодержащих соединений в составе органического вещества



мальных концентраций достигает гексадекановая кислота. В скважине 1-87 в 2008 году были найдены только альдегиды, а в 2011 году карбоновые кислоты и эфиры, причем доля КОС в составе ОВ заметно увеличилась за 3 года (с 16 до 81%). В скважине № 3, наоборот, наиболее разнообразный состав КОС и их максимальные концентрации в составе ОВ зафиксированы в 2008 году (6 рядов, 93%), а в 2011 году найдены только 3 ряда, которые занимают 66% от общего состава ОВ.

Ароматические УВ, происхождение которых может быть связано с термогенными процессами, здесь вообще не установлены (как это наблюдается в Тумнинских и Анненских термах). Также следует отметить, что наиболее разнообразный состав, включающий явно биогенные компоненты (стероиды и моноглицериды), установлен в скважине № 3, где температура воды ниже. В скважине 1-87 состав КОС сравнительно беден, что, вероятно, объясняется более высокой температурой воды и невысоким развитием бактериальных сообществ. Кроме этого, скважина 1-87 является эксплуатируемой, вода из нее используется в санатории, то есть она является проточной. Скважина № 3 – режимная, здесь водоотбор не производится, поэтому она характеризуется достаточно устойчивым гидродинамическим режимом.

#### Анненская гидротермальная система.

Анненские термальные воды вскрываются двумя скважинами № 2 и № 21, которые были опробованы на содержание КОС в сентябре 2012 и августе 2014 г. Температура воды на выходе стабильна и

составляет 54 °С. Данные по содержанию КОС приведены в табл. 3. КОС занимают в среднем 50% от общего содержания ОВ и представлены 46 соединениями, которые относятся к 8 гомологическим рядам. Максимальных относительных концентраций достигают эфиры (60%), карбоновые кислоты (13%), ароматические УВ (7%) и азотсодержащие компоненты (6%). Остальные ряды представлены альдегидами, кетонами, спиртами и стероидами. Как уже было отмечено, отличительной особенностью этих термальных вод является присутствие только в них органических соединений, содержащих атом кислорода и азота.

Доля КОС в скважине № 2 за два года практически не изменилась, а в скважине № 21 увеличилась с 54% до 78%. Качественный состав также претерпел некоторые изменения, однако не такие сильные, как в Кульдурских термах. Они сводятся к исчезновению за два года ароматических и азотсодержащих компонентов и появлению кетонов и спиртов. Наличие ароматических и азотсодержащих компонентов в 2012 году может быть связано с термогенными процессами, а эфиров со взаимодействием в системе «вода – порода». Остальные ряды органических соединений имеют биогенное происхождение, за исключением диэтилтолуамида, 2-трет-бутил-9Н-ксантена и 2,4,6-три-трет-бутилфенола, которые являются индикаторами техногенного загрязнения (ДЭТА – известный репеллент, а трет-бутильная группа практически не встречается в природе [20]), хотя термальная площадка располагается в водоохраной зоне.

Таблица 3  
Кислородсодержащие органические соединения в Анненских термальных водах и их содержание, %

Table 3

Oxygen-containing organic compounds in Annensk thermal waters and their content, %

Наименование компонента	скв. 2, 2012 г.	скв. 2, 2014 г.	скв. 21, 2012 г.	скв. 21, 2014 г.
Кислородсодержащие ароматические УВ	10,7 (4,2)	–	19 (10,3)	–
Карбоновые кислоты	–	15,7 (6,2)	30,4 (16,6)	6,2 (4,8)
Эфиры	62,7 (24,8)	63,8 (25,5)	37,9 (20,6)	76 (59,5)
Альдегиды	9,7 (3,8)	4,6 (1,8)	4,7 (2,5)	2,3 (1,8)
Кетоны	–	3,1 (1,2)	–	1,1 (0,9)
Спирты	–	11,1 (4,4)	–	11,2 (8,7)
Азот-кислород-содержащие соединения	16,9 (6,6)	–	8 (4,3)	–
Стероиды	–	1,7 (0,7)	–	3,2 (2,5)
<b>Итого</b>	<b>100 (39,4)</b>	<b>100 (39,8)</b>	<b>100 (54,3)</b>	<b>100 (78,2)</b>

*Примечание:* «–» – компонент не установлен; в скобках приводится доля кислородсодержащих соединений в составе органического вещества

2,4,6-три-трет-бутилфенол, кроме Анненских термальных вод, найден и в Тумнинских термах.

#### Тумнинская гидротермальная система.

Тумнинские термальные воды также вскрыты двумя скважинами – № 8 и № 9. Температура воды здесь самая низкая из исследуемых термальных вод – 46°C. Скважины были опробованы на состав КОС в июне 2010 и сентябре 2011 г. На базе этих термальных вод действуют различные санатории. Полученные данные по составу КОС и их относительным концентрациям приведены в табл. 4. Здесь найдено 23 соединения, которые принадлежат 7 гомологическим рядам. От общего содержания ОВ они занимают 50%. Максимальных относительных концентраций достигают такие ряды, как эфиры (57%), карбоновые кислоты (17%), ароматические УВ (12%) и альдегиды (12%), остальные соединения представлены кетонами, спиртами и изопреноидами, причем последние были установлены только в Тумнинских термах. Наиболее разнообразный состав наблюдается в 2010 году, а в 2011 году количество соединений снижается. При этом в воде из скважины № 8 встречены все 7 рядов, а в скважине № 9 только 4 (в 2011 году – 2). Несмотря на резкое снижение количества соединений к 2011 году, их доля от общего содержания ОВ, наоборот, выросла – в скважине № 8 с 13% до 77%, а в скважине № 9 с 12% до 100%.

Подобные исследования также были проведены в термальных водах и пароводяной смеси Камчатских гидротермальных систем. Здесь установлено гораздо меньше КОС, всего 41 соедине-

ние, которые принадлежат 7 гомологическим рядам [15]. Их относительное содержание в составе ОВ средней летучести около 25%. Широкого распространения достигают спирты, эфиры, карбоновые кислоты, альдегиды и кетоны.

**Холодные подземные и поверхностные воды.** В целях сравнения были отобраны холодные подземные и поверхностные воды в районах исследуемых геотермальных месторождений. В пределах Кульдурского месторождения опробованы две скважины, вскрывающие холодные подземные воды, № 10-1 и № 10-4 в июне 2010 г. и р. Кульдур в сентябре 2011 г. В районе Анненских источников – скважина с холодной водой № 30-460 и руч. Амурчик в августе 2014 г. В пределах Тумнинских терм – руч. Чопэ в сентябре 2011 г. Содержание КОС в них были проанализировано по той же методике и на том же оборудовании, что и термальные воды. Полученные данные приведены в табл. 5. В холодных подземных и поверхностных водах установлено 36 соединений, 7 гомологических рядов, которые занимают в среднем 45% от общего содержания ОВ. Наиболее характерные компоненты здесь – это эфиры (31%), стероиды (20%), кетоны (15%) и альдегиды (14%). Остальные ряды представлены ароматическими УВ (2,4,6-три-трет-бутил-фенол – предположительно техногенный компонент), карбоновыми кислотами и спиртами. К отличительным особенностям холодных подземных и поверхностных вод от термальных можно отнести преобладание в них стероидов – явно биогенных компонентов (в среднем 20%, с макси-

Таблица 4

Кислородсодержащие органические соединения в Тумнинских термальных водах и их содержание, %

Table 4

Oxygen-containing organic compounds in Tumnin thermal waters and their content, %

Наименование компонента	скв. 8, 2010 г.	скв. 8, 2011 г.	скв. 9, 2010 г.	скв. 9, 2011 г.
Кислородсодержащие ароматические УВ	14,6 (1,9)	–	33 (3,9)	–
Карбоновые кислоты	3,8 (0,5)	14,2 (11)	51,7 (6,1)	след
Эфиры	53,8 (7)	74,7 (57,7)	–	100 (100)
Альдегиды	20,1 (2,6)	11,1 (8,5)	15,3 (1,8)	–
Кетоны	1,5 (0,2)	–	–	–
Спирты	3,1 (0,4)	–	–	–
Изопреноиды	3,1 (0,4)	–	–	–
<b>Итого</b>	<b>100 (13)</b>	<b>100 (77,2)</b>	<b>100 (11,8)</b>	<b>100 (100)</b>

*Примечание:* «←» – компонент не установлен; «след» – компонент установлен только на хроматограмме СИМ; в скобках приводится доля кислородсодержащих соединений в составе органического вещества

## Кислородсодержащие органические соединения в холодных подземных и поверхностных водах и их содержание, %

## Oxygen-containing organic compounds in cold ground and surface waters and their content, %

Наименование компонента	Место отбора*					
	1	2	3	4	5	6
Кислородсодержащие ароматические УВ	19,8 (4,1)	–	–	–	–	
Карбоновые кислоты	след	–	33 (24)	16,8(10)	4,2 (2,5)	15,8(8,2)
Эфиры	–	92 (4,6)	14,2(10,3)	40,4(24)	33,4(19,6)	8,1 (4,2)
Альдегиды	8,2 (1,7)	8 (0,4)	22,8(16,5)	16,4(9,7)	12,2 (7,2)	15 (7,8)
Кетоны	72 (14,9)	–	12 (8,7)	5,6 (3,3)	1,2 (0,7)	
Спирты	след	–	–	20,8(12,3)	9 (5,2)	
Стероиды	–	–	18 (13,1)	–	40 (23,5)	61,1(31,8)
<b>Итого</b>	<b>100 (20,7)</b>	<b>100 (5)</b>	<b>100 (72,6)</b>	<b>100 (59,3)</b>	<b>100 (58,7)</b>	<b>100 (52)</b>

*Примечание:* \* 1 – скважина 10-1, Кульдур; 2 – скважина 10-4, Кульдур; 3 – река Кульдур; 4 – скважина 30-460, Анненские; 5 – ручей Амурчик, Анненские; 6 – ручей Чопэ, Тумнин. «–» – компонент не установлен; «след» – компонент установлен только на хроматограмме СИМ; в скобках приводится доля кислородсодержащих соединений в составе органического вещества

мумом 61%) и незначительное распространение карбоновых кислот (в среднем около 10%).

#### Заключение

Кислородсодержащие органические соединения средней летучести установлены во всех исследуемых термальных и холодных подземных и поверхностных водах континентальной части юга ДВ. Всего в термальных водах найдено 71 кислородсодержащее соединение, которые относятся к 10 гомологическим рядам, в холодных подземных и поверхностных водах – 36 соединений / 7 рядов. Их относительное содержание в составе органического вещества средней летучести около 55% в термальных водах и около 45% в холодных подземных и поверхностных водах. Широкого распространения в термальных водах достигают эфиры (в среднем 42%), карбоновые кислоты (в среднем 30%) и альдегиды (около 15%). Эти соединения широко продуцируются в биосфере и имеют, вероятно, биогенное происхождение. Кроме этого, образование эфиров может быть связано с окислением органического вещества водовмещающих пород. Наличие в термальных водах ароматических и азотсодержащих соединений может указывать на протекание в них термогенных процессов, приводящих к образованию органических веществ под действием высоких температур. Однако некоторые соединения можно расценивать

как техногенные – соединения с трет-бутильной группой и ДЭТА. В холодных подземных и поверхностных водах максимальных относительных концентраций достигают также эфиры (в среднем 30%), стероиды (около 20%) и кетоны (15%). Отличие последних от термальных вод заключается в преобладании стероидов в составе КОС и незначительном распространении карбоновых кислот.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Артеменко А.И. Органическая химия: учебник для строительной специальности вузов. 5-е изд., испр. М.: Высш. шк., 2002. 559 с.
2. Архипов Б.С. Химический состав и металлоносность термальных вод северо-восточного Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28, № 4. С. 116–122.
3. Барабанов Л.Н., Дислер В.Н. Азотные термы СССР. М.: Геоминвод, 1968. 119 с.
4. Богатков Н.М. Кульдурские термы // Советская геология. 1962. № 8. С. 157–161.
5. Брагин И.В., Челноков Г.А. Геохимия термальных вод Сихотэ-Алиня. Газовый аспект // Вестник ДВО РАН. 2009. № 4. С. 147–151.
6. Веселова М.А., Плюта В.А., Хмель И.А. Летучие вещества бактерий: структура, биосинтез, биологическая активность // Микробиология. 2019. Т. 88, № 3. С. 272–287. DOI: 10.1134/S0026365619030169.

7. Гидрогеология СССР. Т. 23. Хабаровский край и Амурская область. М.: Недра, 1971. 514 с.
8. Калитина Е.Г. Микроорганизмы термальных вод Приморья как индикаторы антропогенного загрязнения // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 10 (159). С. 136–138.
9. Калитина Е.Г., Харитоновна Н.А., Вах Е.А. Распространение бактерий различных эколого-трофических групп в подземных термальных водах Кульдурского месторождения (Дальний Восток России) // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. С. 351.
10. Компаниченко В.Н., Потурай В.А. Вариации состава органического вещества в водах Кульдурского геотермального месторождения // Тихоокеанская геология. 2015. Т. 34, № 4. С. 96–107.
11. Кулаков В.В. Геолого-структурные и геотермальные условия формирования термальных подземных вод Приамурья // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 5. С. 66–79.
12. Кулаков В.В. Геохимия подземных вод Приамурья. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2011. 254 с.
13. Меленевский В.Н., Леонова Г.А., Бобров В.А., Каширцев В.А., Кривоногов С.К. Трансформация органического вещества в голоценовых осадках озера Очкий (южное Прибайкалье) по данным пиролиза // Геохимия. 2015. № 10. С. 925–944. DOI: 10.7868/S0016752515080051.
14. Остроухов С.Б. Генезис высокомолекулярных нефтяных алкилтолуолов // Нефтехимия. 2018. Т. 58, № 1. С. 11–16. DOI: 10.7868/S0028242115030090.
15. Потурай В.А. Кислородсодержащие органические соединения в термальных водах Мутновского и Паратунского геотермальных районов и кальдеры Узон, Камчатка // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 2. С. 32–38. DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-2-32-38.
16. Потурай В.А. Органическое вещество в гидротермальных системах разных типов и обстановки // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, № 11. С. 6–16. DOI: 10.18799/24131830/2018/11/204.
17. Потурай В.А. Органическое вещество в подземных и поверхностных водах района Анненского геотермального месторождения (Дальний Восток) // Геохимия. 2017. № 4. С. 372–380. DOI: 10.7868/S0016752517020054.
18. Потурай В.А. Состав и распределение n-алканов в азотных термах Дальнего Востока России // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 109–119.
19. Потурай В.А., Строчинская С.С., Компаниченко В.Н. Комплексная биогеохимическая характеристика термальных вод Тумнинского месторождения // Региональные проблемы. 2018. Т. 21, № 1. С. 22–30.
20. Рапопорт В.Л., Кондратьева Л.М. Загрязнение реки Амур антропогенными и природными органическими веществами // Сибирский экологический журнал. 2008. № 3. С. 485–496.
21. Украинцев А.В., Плюснин А.М. Алифатические углеводороды углекислых минеральных и азотных термальных вод Западного Забайкалья // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы четвертой всеросс. конф. с международ. участием. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2020. С. 179–183. DOI: 10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-179-183.
22. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология. М.: Недра, 1996. 423 с.
23. Fekete J., Sajgó C., Kramarics Á., Eke Z., Kovács K., Kárpáti Z. Aquathermolysis of humic and fulvic acids: Simulation of organic matter maturation in hot thermal waters // Org. Geochem. 2012. Vol. 53. P. 109–118. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.orggeochem.2012.07.005>.
24. Gonzalez-Barreiro C., Cancho-Grande B., Araujo-Nespereira P., Cid-Fernandez J.A., Simal-Gandara J. Occurrence of soluble organic compounds in thermal waters by ion trap mass detection // Chemosphere. 2009. N 75. P. 34–47.
25. Hunt J.M. Petroleum geochemistry and geology. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1979. 617 p.
26. McCollom T.M., Seewald J.S., Simoneit B.R.T. Reactivity of monocyclic aromatic compounds under hydrothermal conditions // Geochemical and Cosmochim. Acta., 2001. Vol. 65. P. 455–468.
27. Poturay V.A. Alkanes in a number of hydrothermal systems of the Russian Far East // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 98. 02008. DOI: 10.1051/e3sconf/20199802008.
28. Sanchez-Avila J.I., Garcia-Sanchez B.E., Vara-Castro G.M., Kretzschmar T. Distribution and origin of organic compounds in the condensates from a Mexican high-temperature geothermal field // Geothermics. 2021. Vol. 89. 101980. DOI: 10.1016/j.geothermics.2020.101980.
29. Shorland F.B. Occurrence of fatty acids with uneven-numbered carbon atoms in natural fats // Nature. 1954. N 174. 603 p.

30. Tassi F., Venturi S., Cabassi J., Capecchiacci F., Nisi B. Vaselli O. Volatile organic compounds (VOCs) in soil gases from Solfatara crater (Campi Flegrei, southern Italy): geogenic source(s) vs. Biogeochemical processes // *Applied Geochemistry* 2015. Vol. 56. P. 37–49.

REFERENCES:

1. Artemenko A.I. *Organicheskaya khimiya: uchebnik dlya stroitel'noi spetsial'nosti vuzov* (Organic chemistry: a textbook for the construction specialty of universities). 5-e izd., ispr. Moscow: Vyssh. Shk. Publ., 2002. 559 p. (In Russ.).
2. Arkhipov B.S. Chemical composition and metal content of thermal waters of the north-eastern Sikhote-Alin (Far East). *Russian Journal of Pacific Geology*, 2009, vol. 28, no. 4, pp.116–122. (In Russ.).
3. Barabanov L.N., Disler V.N. *Azotnye termy SSSR* (Nitrogen baths of the USSR). Moscow: Geominvod Publ., 1968. 119 p. (In Russ.).
4. Bogatkov N.M. Kuldur Baths. *Sovetskaya geologiya*, 1962, no. 8, pp. 157–161. (In Russ.).
5. Bragin I.V., Chelnokov G.A. Geochemistry of Sikhote-Alin thermal waters. Gas aspect. *Vestnik DVO RAN*, 2009, no. 4, pp. 147–151. (In Russ.).
6. Veselova M.A., Plyuta V.A., Khmel' I.A. Volatile compounds of bacterial origin: structure, biosynthesis, and biological activity. *Microbiology*, 2019, vol. 88, no. 3, pp. 261–274. DOI: 10.1134/S0026365619030169. (In Russ.).
7. *Gidrogeologiya SSSR. T. 23. Khabarovskii krai i Amurskaya oblast'* (Hydrogeology of the USSR. Vol. 23. Khabarovsk Territory and Amur Region). Moscow: Nedra Publ., 1971. 514 p. (In Russ.).
8. Kalitina E.G. Microorganisms of Primorye Thermal Waters as Indicators of Anthropogenic Pollution. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, no. 10 (159), pp. 136–138. (In Russ.).
9. Kalitina E.G., Kharitonova N.A., Vakh E.A. Distribution of bacteria of various ecological and trophic groups in the underground thermal waters of the Kuldur deposit (Russian Far East). *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2017, no. 5, pp. 351. (In Russ.).
10. Kompanichenko V.N., Poturay V.A. Variations in organic matter composition in waters of the Kuldur thermal field, the Far East of Russia. *Russian Journal of Pacific Geology*, 2015, vol. 34, no. 4, pp. 96–107. (In Russ.).
11. Kulakov V.V. Geological-structural and hydrothermal conditions for the formation of groundwater in Priamurye. *Russian Journal of Pacific Geology*, 2014, vol. 33, no. 5, pp. 66–79. (In Russ.).
12. Kulakov V.V. *Geokhimiya podzemnykh vod Priamur'ya* (Geochemistry of groundwater in Priamurye). Khabarovsk: IVEP FEB RAS, 2011. 254 p. (In Russ.).
13. Melenevskii V.N., Kashirtsev V.A., Leonova G.A., Bobrov V.A., Krivonogov S.K. Transformation of organic matter in the holocene sediments of lake Ochki (south Baikal region): evidence from pyrolysis data. *Geochemistry international*, 2015, vol. 53, no. 10, pp. 925–944. DOI: 10.7868/S0016752515080051. (In Russ.).
14. Ostroukhov S.B. Genesis of higher petroleum alkyltoluenes. *Petroleum Chemistry*, 2018, vol. 58, no. 1, pp. 8–12. DOI: 10.7868/S0028242115030090. (In Russ.).
15. Poturay V.A. Oxygen-containing organic compounds in thermal waters of the Mutnovsky and Paratunsky geothermal areas and caldera Uzon, Kamchatka. *Regional'nye problemy*, 2020, vol. 23, no. 2, pp. 32–38. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-2-32-38. (In Russ.).
16. Poturay V.A. Organic matter in hydrothermal systems of the Far East of different types and situations. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2018, vol. 329, no. 11, pp. 6–16. DOI: 10.18799/24131830/2018/11/204. (In Russ.).
17. Poturay V.A. Organic matter in ground- and surface waters in the area of the Annenskii geothermal field, Russian Far East. *Geochemistry International*, 2017, vol. 55, no. 4, pp. 393–400. DOI: 10.7868/S0016752517020054. (In Russ.).
18. Poturay V.A. Composition and distribution of n-paraffines in nitrogen thermal waters of the Russian Far East. *Russian Journal of Pacific Geology*, 2017, vol. 36, no. 4, pp. 109–119. (In Russ.).
19. Poturay V.A., Stochinskaja S.S., Kompanichenko V.N. Complex biogeochemical characteristics of the Tummin springs thermal water. *Regional'nye problemy*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 22–30. (In Russ.).
20. Rapoport V.L., Kondrat'eva L.M. Pollution of the Amur River by anthropogenic and natural organic matter. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 2008, no. 3, pp. 485–496. (In Russ.).
21. Ukraintsev A.V., Plyusnin A.M. Aliphatic hydrocarbons of carbon dioxide mineral and nitrogen thermal waters of Western Transbaikalia, in *Geologicheskaya evolyutsiya vzaimodeistviya vody s*

- gornymi porodami* (Geological evolution of the interaction of water with rocks). Ulan-Ude: BSC SB RAS, 2020, pp. 179–183. DOI: 10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-179-183. (In Russ.).
22. Shvartsev S.L. *Obshchaya gidrogeologiya* (General hydrogeology). Moscow: Nedra Publ., 1996. 423 p. (In Russ.).
  23. Fekete J., Sajgó C., Kramarics Á., Eke Z., Kovács K., Kárpáti Z. Aquathermolysis of humic and fulvic acids: Simulation of organic matter maturation in hot thermal waters. *Org. Geochem.*, 2012, vol. 53, pp. 109–118. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2012.07.005.
  24. Gonzalez-Barreiro C., Cancho-Grande B., Araujo-Nespereira P., Cid-Fernandez J.A., Simal-Gandara J. Occurrence of soluble organic compounds in thermal waters by ion trap mass detection. *Chemosphere*, 2009, no. 75, pp. 34–47.
  25. Hunt J.M. *Petroleum geochemistry and geology*. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1979. 617 p.
  26. McCollom T.M., Seewald J.S., Simoneit B.R.T. Reactivity of monocyclic aromatic compounds under hydrothermal conditions. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 2001, vol. 65, pp. 455–468.
  27. Poturay V.A. Alkanes in a number of hydrothermal systems of the Russian Far East. *E3S Web of Conferences*, 2019, vol. 98, 02008. DOI: 10.1051./e3sconf/20199802008.
  28. Sanchez-Avila J.I., Garcia-Sanchez B.E., Vara-Castro G.M., Kretzschmar T. Distribution and origin of organic compounds in the condensates from a Mexican high-temperature geothermal field. *Geothermics*, 2021, vol. 89, 101980. DOI: 10.1016/j.geothermics.2020.101980.
  29. Shorland F.B. Occurrence of fatty acids with uneven-numbered carbon atoms in natural fats. *Nature*, 1954, no. 174, 603 p.
  30. Tassi F., Venturi S., Cabassi J., Capecciacci F., Nisi B., Vaselli O. Volatile organic compounds (VOCs) in soil gases from Solfatar crater (Campi Flegrei, southern Italy): geogenic source(s) vs. Biogeochemical processes. *Applied Geochemistry*, 2015, vol. 56, pp. 37–49.

## ORGANIC MATTER IN THERMAL, COLD GROUND AND SURFACE WATERS OF THE FAR EAST SOUTH CONTINENTAL PART (OXYGEN-CONTAINING COMPOUNDS)

V.A. Poturay

*This article presents the composition and molecular weight distribution of medium volatility oxygen-containing organic compounds in the thermal, cold ground and surface waters of the continental part of the Far East south. Using the method of capillary gas chromatography-mass spectrometry, it is found 71 oxygen-containing compounds in thermal waters, belonging to 10 homologous series, and in cold ground and surface waters – 36 compounds, belonging to 7 homologous series. Their relative content in the medium volatility organic matter composition is about 55% in thermal waters and about 45% in cold ground and surface waters. Esters, carboxylic acids and aldehydes are widespread in hot waters. These compounds are widely produced in the biosphere and are probably of biogenic origin. The features of the carboxylic acids and aldehydes molecular weight distribution (the predominance of homologues with an even number of carbon atoms in the molecule) also show their biogenic genesis. The formation of ethers can as well be associated with the oxidation of organic matter in water-bearing rocks, and aromatic and nitrogen-containing components – with thermogenic processes occurring in hydrothermal systems. Esters, steroids and ketones also reach their maximum relative concentrations in cold waters. Steroids predominate in the oxygen-containing organic compounds composition in cold ground and surface waters where the carboxylic acids distribution is insignificant. Among the revealed compounds, in thermal waters there are some components – indicators of technogenic pollution. These are the compounds containing a tert-butyl group and DETA. However, their share in the composition of medium volatility organic matter is insignificant.*

**Keywords:** hydrothermal system, thermal water, cold water, organic matter, genesis.

**Reference:** Poturay V.A. Organic matter in thermal, cold ground and surface waters of the Far East South continental part (oxygen-containing compounds). *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 4, pp. 50–62. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-4-50-62.

## Правила оформления рукописи в журнале «РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ»

1. Рукопись загружается на сайте журнала <http://regional-problems.ru/>. Перед загрузкой статьи в редакцию журнала автор должен обязательно зарегистрироваться на сайте <http://regional-problems.ru/> (вкладка «Вход-Регистрация»).

Автору необходимо загрузить на сайт журнала экспертное заключение учреждения (с подписью автора/ов и печатью), в котором выполнена работа. Если по техническим причинам не удастся подать рукопись и сопровождающие документы через информационную систему, ее можно направить на электронный адрес [reg.probl@yandex.ru](mailto:reg.probl@yandex.ru).

2. Рекомендуем оформлять статью по рубрикам: актуальность (постановка проблемы), объект и методы, результаты исследования и их обсуждение, заключение, список литературы. Содержание статей логически структурировано, легко читаемо и понятно.

3. На первой странице рукописи в левом верхнем углу должен быть указан индекс по универсальной десятичной классификации (УДК).

4. Далее по центру: заглавие статьи, аннотация, ключевые слова и аффилиация авторов должны быть представлены на русском и английском языке, а фамилии авторов – на русском языке и латиницей.

Аннотация статьи (200–250 слов) должна быть структурированной, кратко и точно излагать содержание статьи, включать основные фактические сведения и выводы, без дополнительной интерпретации или критических замечаний автора статьи. Текст аннотации не должен содержать информацию, которой нет в статье. Она должна отличаться лаконичностью, убедительностью формулировок, отсутствием второстепенной информации. Методы в аннотации только называются. Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдаётся предпочтение новым результатам и выводам, которые, по мнению автора статьи, имеют практическое значение. Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, описанными в статье. Включение в аннотацию схем, таблиц, графиков, рисунков, а также ссылок на литературные источники не допускается.

Ключевые слова и словосочетания (оптимально 5–7 слов) отделяются друг от друга запятой. Список ключевых слов должен максимально точно отражать предметную область исследования.

5. Текст статьи должен быть набран в редакторе WinWord, шрифтом Times New Roman, 12 pt. Поля слева, сверху и снизу – 2,5 см, справа – не менее 1 см. Объем статьи не ограничен, напечатан через 1,5 интервал. К публикации принимаются статьи на русском и английском языках.

6. Сокращения слов, кроме общепринятых, в рукописи не допускаются.

7. Формулы нумеруются в круглых скобках (2), подстрочные примечания не допускаются, необходимые разъяснения даются в тексте.

8. Ссылка на цитату указывается сразу после неё в квадратных скобках. В статье запрещается использовать подстрочные сноски для указания источников цитирования. Текст не должен содержать ссылок на источники, не включённые в пристатейный список.

9. Выводы пишутся в утвердительных предложениях, фиксирующих полученные собственные результаты работы, и, в совокупности, однозначно показывающих достижение цели. Они перечисляются в порядке важности.

10. Таблицы должны иметь заголовки на русском и английском языках и сквозную порядковую нумерацию в пределах статьи, содержание их не должно дублировать текст.

11. Весь иллюстративный материал (графики, схемы, фотографии, карты) именуется рисунками и имеет сквозную порядковую нумерацию. Рисунки выполняются в формате GIF, TIFF, JPEG, CDR, EPS, либо в Word (wmf) и представляются в виде отдельных файлов. Рисунки в текст не вставляются, но в тексте дается обозначение, где должен быть рисунок. Подписи к рисункам на русском и английском языках печатаются на отдельном листе с указанием фамилии автора и названия статьи. Фотографии (1 экз.) должны быть четко отпечатаны на белой бумаге без дефектов. От качества авторских оригиналов зависит качество иллюстраций в журнале.

12. В конце текста статьи (перед используемой литературой) необходимо указать организацию, при финансовой поддержке которой была выполнена статья (например, госзадание №..., проект РФФИ №..., и т.д.).

13. Цитируемая литература приводится отдельным списком, перечисляется по алфавиту. Объем цитируемой литературы не ограничен.

Список литературы приводится сначала на русском языке, далее на латинице (транслитерация – перевод текста, <http://translit-online.ru/> (вкладка основные переключить на BSI). В списке литературы первым приводится перечень работ отечественных авторов, в который также включаются работы иностранных авторов, переведённые на русский язык. Затем приводится перечень литературных источников, опубликованных на иностранных языках, в который включаются работы отечественных авторов, переведённые на иностранный язык. В список литературы не включаются неопубликованные работы.

13.1. Для каждого пункта списка литературы в зависимости от типа ссылки **необходимо указать:**

- для книг — фамилии авторов, инициалы, название книги, город, издательство, год издания, том, количество страниц;
- для журнальных статей — фамилии авторов, инициалы, название статьи, название журнала, серия, год, том, номер, выпуск, первая (по возможности также последняя) страница статьи;
- для материалов конференций, школ, семинаров — фамилии авторов, инициалы, название статьи, название издания, время и место проведения конференции, город, издательство, год, первая (по возможности также последняя) страница статьи.

Если источнику (его цифровой копии) присвоен DOI, то он обязательно приводится после всего описания источника в следующей форме: DOI: 10.5194/acp-16-14421-2016.

Авторы предоставляют **полный перевод списка литературы (транслитерация)**, с сохранением оригинального порядка следования публикаций, руководствуясь следующими правилами:

#### **Статья из журнала**

Ревуцкая О.Л., Красота Т.Г. Производственный потенциал Еврейской автономной области: оценка и сопоставление с регионами Дальневосточного Федерального округа // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 4. С. 22–34. DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-4-22-34.

#### **Статьи из сборников и материалов конференций**

Комарова Т.М., Калинина И.В., Мищук С.Н. Социально-демографическая безопасность приграничного региона (на примере Еврейской автономной области) // Вопросы географии: сб. 141: Проблемы регионального развития России. М.: Кодекс, 2016. С. 578–594.

Комарова Т.М. Демографическая безопасность стран Центральной Азии: взгляд извне // Современные проблемы регионального развития: материалы VII Всерос. науч. конф. / под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. С. 341–344. DOI: 10.31433/978-5-904121-22-8-2018-341-344.



### **Монография**

Рубцова Т.А. Деревья, кустарники, лианы Еврейской автономной области и их использование в озеленении. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2021. 181 с.

Петрищевский А.М. Гравитационный метод оценки реологических свойств земной коры и верхней мантии: в конвергентных и плюмовых структурах Северо-Востока Азии. М.: Наука, 2013. 192 с.

### **Материалы конференции**

Современные проблемы регионального развития: материалы VII Всероссийской научной конференции / под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. 459 с.

### **Диссертация**

Потурай В.А. Органическое вещество в полуостровных и континентальных гидротермальных системах Дальнего Востока: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Биробиджан, 2019. 160 с.

### **Автореферат диссертации**

Потурай В.А. Органическое вещество в полуостровных и континентальных гидротермальных системах Дальнего Востока: автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. Биробиджан, 2019. 19 с.

### **Электронный ресурс удаленного доступа**

Горюхин М.В. К созданию карты атмосферных и водных экологических ситуаций Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 4. С. 11–16. URL: <http://regional-problems.ru/index.php/RP/article/view/693> (дата обращения: 07.04.2021).

### **Статья из журнала на англ. яз.**

Neverova G.P., Zhdanova O.L., Frisman E.Y. Effects of natural selection by fertility on the evolution of the dynamic modes of population number: bistability and multistability // Nonlinear Dynamics. 2020. Vol. 101, N 1. P. 687–709. DOI: 10.1007 / s11071-020-05745-w.

### **Статья из сборника на англ.яз.**

Poturay V.A. Alkanes in a number of hydrothermal systems of the Russian Far East // 16th International Symposium on Water-Rock Interaction (WRI) and 13th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry (1st IAGC International Conference). E3S Web of Conferences. Tomsk. Vol. 98. P. 02008. DOI: 10.1051/e3sconf/20199802008.

## ***13.2. Особенности представления источников в списке на латинице (References)***

Для списка литературы на латинице не применимы правила русского ГОСТа, поскольку используемые в нем знаки не воспринимаются зарубежными системами и ведут к ошибкам и потере данных. В списке литературы на латинице выходные данные издания представляются в соответствии с международными правилами, которые позволят автоматизированным информационным системам распознать источник.

Источники на кириллице переводятся в латинизированный формат с помощью сочетания транслитерации и перевода (см. описания и примеры ниже).

Если в источнике на кириллице есть перевод названия на английский, использовать следует именно его (это не отменяет параллельной транслитерации в случаях из описаний ниже!). Также из источника (при наличии) следует взять транслитерации Ф.И.О. авторов и редакторов.

Список литературы в латинице можно готовить с помощью систем транслитерации свободного доступа (<http://www.translit.ru>) во вкладке **Основные** выбираем **BSI**.

Просим авторов строго соблюдать все приведенные ниже правила (включая пробелы, шрифты и другие особенности форматирования, знаки препинания между словами и пр.).

Для русскоязычной монографии/сборника в полное описание входят: автор(ы) (если указаны, транслитерация); название (транслитерация); перевод названия на английский; редак-

тор(ы) (если они указаны, транслитерация); место издания на английском языке; издательство (перевод, если это организация; транслитерация + Publ., если издательство имеет собственное название); год издания; указание на язык статьи (In Russ.).

Для русскоязычной статьи в полное описание входят: автор(ы) (транслитерация); перевод названия статьи на английский; название источника, в котором опубликована статья (транслитерация или – для журнала – официальное название на английском); перевод названия источника на английский (для журнала не требуется); выходные данные с обозначениями на английском языке; указание на язык статьи (In Russ.).

Указанные схемы (с корректировкой в очевидных местах) применяются также для иностранных источников. Специально обращаем внимание авторов на то, что таким образом один и тот же иностранный источник в традиционном списке и в списке на латинице будет представлен по-разному.

В отличие от форматирования отбор данных для описания References (сокращение списка авторов и пр.) происходит по принципам традиционного списка литературы, приведённым выше.

Исключения: 1) римские цифры нужно заменять арабскими (например, в номерах томов); 2) в названиях и переводах названий книг на английском слова, кроме служебных, пишутся с заглавной буквы (не относится к названиям статей, названиям на других языках и транслитерации названий!); 3) для журнальных статей допускается представление источника в сокращённом формате (с пропуском названия статьи и слов в выходных данных, см. пример).

### ***Примеры представления источников в References:***

#### **Статья из журнала**

Ревуцкая О.Л., Красота Т.Г. Производственный потенциал Еврейской автономной области: оценка и сопоставление с регионами Дальневосточного Федерального округа // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 4. С. 22–34. DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-4-22-34.

#### **Транслитерация**

Revutskaya O.L., Krasota T.G. Production potential of the Jewish Autonomous Region: assessment and comparison with the regions of the Far Eastern Federal. *Regional'nye problemy*, 2020, vol. 23, no. 4, pp. 22–34. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-4-22-34.

#### **Статьи из сборников и материалов конференций**

Комарова Т.М., Калинина И.В., Мищук С.Н. Социально-демографическая безопасность приграничного региона (на примере Еврейской автономной области) // Вопросы географии: сб. 141: Проблемы регионального развития России. М.: Кодекс, 2016. С. 578–594.

Комарова Т.М. Демографическая безопасность стран Центральной Азии: взгляд извне // Современные проблемы регионального развития: материалы VII Всерос. науч. конф. / под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. С. 341–344. DOI: 10.31433/978-5-904121-22-8-2018-341-344.

#### **Транслитерация**

Komarova T.M., Kalinina I.V., Mishchuk S.N. Sociodemographic security of a Border Region: a case study of Jewish Autonomous Oblast, in *Voprosy geografii: no. 141: Problemy regional'nogo razvitiya Rossii* (Problems of Geography: no 141: Problems of Regional Development of Russia). Moscow: Kodeks Publ., 2016, pp. 578–594. (In Russ.).

Komarova T.M. Demographic security of the Central Asian countries: looking from the outside, in *Sovremennye problemy regional'nogo razvitiya* (Present Problems of Regional Development). Birebidzhan: ICARP FEB RAS, 2018, pp. 341–344. (In Russ.).

### **Монография**

Рубцова Т.А. Деревья, кустарники, лианы Еврейской автономной области и их использование в озеленении. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2021. 181 с.

Петрищевский А.М. Гравитационный метод оценки реологических свойств земной коры и верхней мантии: в конвергентных и плюмовых структурах Северо-Востока Азии. М.: Наука, 2013. 192 с.

### **Транслитерация**

Rubtsova T.A. *Derev'ya, kustarniki, liany Evrejskoj avtonomnoj oblasti i ix ispol'zovanie v oze-lenenii* (Trees, shrubs, lianas of the Jewish Autonomous Region and their use in planting of greenery). Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2021. 181 p. (In Russ.).

Petrishchevsky A.M. *Gravitacionnyj metod ocenki reologicheskix svojstv zemnoj kory i verxnej mantii: v konvergentnyx i plyumovyx strukturax Severo-Vostochno Azii* (Gravity method for evaluation of rheological properties of the crust and uppermost mantle: in the convergent and plume structures of the North-East Asia. Moscow: Nauka Publ., 2013. 192 p. (In Russ.).

### **Материалы конференции**

Современные проблемы регионального развития: материалы VII Всероссийской научной конференции / под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. 459 с.

### **Транслитерация**

*Sovremennye problemy regional'nogo razvitiya: materialy VII Vserossijskoj nauchnoj konferencii* (Present Problems of Regional Development: materials of the VII All-Russian Scientific Conference), Frisman E.Ya., Ed. Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018. 459 p. (In Russ.).

### **Диссертация**

Потурай В.А. Органическое вещество в полуостровных и континентальных гидротермальных системах Дальнего Востока: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Биробиджан, 2019. 160 с.

### **Транслитерация**

Poturay V.A. Organic matter in the peninsular and continental hydrothermal systems of the Far East. Dissertation of cand. Sci. (geol. –mineral.). Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018. 459 p. (In Russ.).

### **Автореферат диссертации**

Потурай В.А. Органическое вещество в полуостровных и континентальных гидротермальных системах Дальнего Востока: автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. Биробиджан, 2019. 19 с.

### **Транслитерация**

Poturay V.A. Organic matter in the peninsular and continental hydrothermal systems of the Far East. Extended Abstract of Cand. Sci. (geol.-mineral.) Dissertation. Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018. 19 p. (In Russ.).

### **Электронный ресурс удаленного доступа**

Горюхин М.В. К созданию карты атмосферных и водных экологических ситуаций Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 4. С. 11–16. URL: <http://regional-problems.ru/index.php/RP/article/view/693> (дата обращения: 07.04.2021).

### **Транслитерация**

Goryukhin M.V. Approaches to creating a map of atmospheric and water ecological situations in the Jewish autonomous region. *Regional'nye problemy*, 2020, vol. 23, no. 4, pp. 11–16. Available at: <http://regional-problems.ru/index.php/RP/article/view/693> (accessed: 07.04.2021). (In Russ.).

**Статья из журнала на англ. яз.**

Neverova G.P., Zhdanova O.L., Frisman E.Y. Effects of natural selection by fertility on the evolution of the dynamic modes of population number: bistability and multistability // *Nonlinear Dynamics*. 2020. Vol. 101, N 1. P. 687–709. DOI: 10.1007 / s11071-020-05745-w.

**Транслитерация**

Neverova G.P., Zhdanova O.L., Frisman E.Y. Effects of natural selection by fertility on the evolution of the dynamic modes of population number: bistability and multistability. *Nonlinear Dynamics*, 2020, vol. 101, no. 1, pp. 687–709.

**Статья из сборника на англ.яз.**

Poturay V.A. Alkanes in a number of hydrothermal systems of the Russian Far East // 16th International Symposium on Water-Rock Interaction (WRI) and 13th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry (1st IAGC International Conference). E3S Web of Conferences. Tomsk. Vol. 98. P. 02008. DOI: 10.1051/e3sconf/20199802008.

**Транслитерация**

Poturay V.A. Alkanes in a number of hydrothermal systems of the Russian Far East. *16th International Symposium on Water-Rock Interaction (WRI) and 13th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry (1st IAGC International Conference)*. E3S Web of Conferences. Tomsk, no. 98, pp. 02008.

14. В конце рукописи необходимо четко указать название учреждения, фамилию, имя, отчество, ученую степень, звание, почтовый адрес (с индексом) и телефон автора, с которым редакция будет решать вопросы, возникающие при работе с текстом.