
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Институт комплексного анализа
региональных проблем
Дальневосточного отделения
Российской академии наук

Том 24 № 1
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: А.Б. Суховеева;
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. Мищук, 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, к.г.-м.н. Ю.П. Юшманов,
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

| | |
|--|----|
| БИОЛОГИЯ | 3 |
| Амяга Е.Н., Исаев С.П. <i>Определение видовой принадлежности лиственницы в Еврейской автономной области и оценка ее фитосанитарного состояния</i> | 3 |
| ГЕОЛОГИЯ | 10 |
| Изосов Л.А., Мельниченко Ю.И., Чупрынин В.И., Ли Н.С., Казанский Б.А., Емельянова Т.А., Лепешко В.В., Осипова Е.Б. <i>Особенности тектонической эволюции Западно-Тихоокеанского региона: формирование литосферных вихрей</i> | 10 |
| Нигай Е.В. <i>К вопросу о золотоносности кор выветривания участка Рыбачий (Западный Сихотэ-Алинь)</i> | 26 |
| ДЕМОГРАФИЯ | 34 |
| Хавинсон М.Ю., Колобов А.Н. <i>Нерегулярная динамика в агент-ориентированной модели миграции</i> | 34 |

© ИКАРП ДВО РАН, 2021

REGIONAL PROBLEMS

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

Volume 24 Number 1
2021

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

CONTENTS

| | |
|--|----|
| BIOLOGY | 3 |
| Amyaga E.N., Isaev S.P. <i>Determination of larch species in the Jewish Autonomous Region and assessment of its phytosanitary state</i> | 3 |
| GEOLOGY | 10 |
| Izosov L.A., Melnichenko Yu.I., Chuprynin V.I., Lee N.S., Kasanskiy B.A., Emelyanova T.A., Lepeshko V.V., Osipova E.B. <i>Tectonic evolution of the West-Pacific region: formation of lithospheric vortexes</i> | 10 |
| Nigai E.V. <i>On the gold mineralization in weathering crusts of the Rybachy Site (Western Sikhote-Alin)</i> | 26 |
| DEMOGRAFY | 34 |
| Khavinson M.Yu., Kolobov A.N. <i>Irregular dynamics in the agent-based migration model</i> | 34 |

© 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 (10 137 Кб)
Дата размещения на сайте: 27.04.2021 г.
Дата подписания к использованию: 20.04.2021 г.

Birobidzhan

БИОЛОГИЯ

УДК 575:582.475(571.621)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЛИСТВЕННИЦЫ В ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ И ОЦЕНКА ЕЕ ФИТОСАНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ

Е.Н. Амяга¹, С.П. Исаев²

¹филиал ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Хабаровского края»,
ул. Надсоновская 13, г. Пушкино, 141207,
e-mail: amyagaen@rcfh.ru;

²Тихоокеанский государственный университет,
ул. Тихоокеанская 136, г. Хабаровск, 680035,
e-mail: 000350@pnu.edu.ru

*В настоящее время особенно остро стоит вопрос об изучении на генетическом уровне ценных лесных пород с целью обеспечения их сохранности, видовой идентификации и контроля происхождения древесины. Одной из таких важных в экологическом и экономическом отношениях хвойных пород нашей страны является лиственница (*Larix*). Сохранение и изучение генетического разнообразия видов лесных растений, в том числе на территории Еврейской автономной области, – одна из фундаментальных проблем современных ботаники, экологии, генетики и дендрологии. В статье проанализированы образцы хвои насаждений лиственницы, собранные в Еврейской автономной области. С помощью генетического метода подобраны необходимые для анализа локусы, при помощи которых проанализированы видовые особенности *Larix gmelinii* и *Larix sibirica*.*

Не менее актуальной является проблема поражения растений фитопатогенами. Фитопатоген – это возбудитель болезни растений, который выделяет биологически активные вещества, губительно действующие на обмен веществ, поражая корневую систему, нарушая функцию хлоропластов, ростовые процессы, поступление питательных веществ. Нарушение обмена веществ в клетках и органах растений, приводящее к снижению продуктивности либо к их полной гибели, способствует потере целостности популяций и наносит огромный вред как сельскохозяйственным культурам, так и лесообразующим породам. В работе приведены результаты анализа фитосанитарного состояния насаждений лиственницы и выявлен процент здоровых и пораженных насаждений по районам.

Проведенный комплексный анализ показал, что лабораторные методы успешно дополняют друг друга. Используя одновременно несколько методик для выявления фитопатогена, возможно дать полную и верную характеристику его таксономических и биологических особенностей. Своевременная и точная идентификация фитопатогенных грибов необходима для изучения их эволюции и взаимоотношений с растениями-хозяевами, генетических основ восприимчивости и устойчивости растений, что в итоге должно помочь в разработке способов борьбы с патогенами.

Ключевые слова: лиственница, *Larix gmelinii*, *Larix sibirica*, Еврейская автономная область, фитосанитарное состояние, фитопатогены.

Образец цитирования: Амяга Е.Н., Исаев С.П. Определение видовой принадлежности лиственницы в Еврейской автономной области и оценка ее фитосанитарного состояния // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 1. С. 3–9. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-1-3-9.

Актуальность (постановка проблемы)

Разработка методов выявления полиморфизма ДНК и работа с генетическими маркерами позволяет вести мониторинг динамики генетического разнообразия. За последние десятилетия, благодаря развитию лесной генетики, осуществляются программы воспроизводства и восстановления природных популяций лесных пород, охарактеризована генетическая изменчивость хозяйственно ценных видов и видов, находящихся под угрозой исчезновения. Самой распространенной и экономически значимой лесной породой на планете является лиственница (*Larix*). Ареал ее произрастания обширен – Урал, Западная Сибирь, Алтай, Саяны, Дальний Восток, Китай, северо-запад Монголии [1–3]. Ее древесина, благодаря прочности и устойчивости к гниению, используется в судостроении, строительстве гидротехнических сооружений, получении целлюлозы. Лиственница также является декоративной породой и широко применяется в озеленении городов и в зеленом садово-парковом строительстве, но перспектива разведения лиственницы в городских условиях, где сильно сказывается техногенная нагрузка на древесные организмы, изучается до сих пор.

Насаждения лиственницы в Еврейской автономной области (ЕАО) встречаются повсеместно и обладают различными фенотипическими особенностями [4], в том числе величина и цвет шишки; длина, цвет и форма хвои, а также высота и диаметр ствола. Фитосанитарное состояние насаждений при визуальном осмотре оценено достаточно высоко, но для предотвращения развития заболеваний, которые на первых этапах развития визуально не определяются, возникла необходимость диагностики заболеваемости фитопатогенными организмами.

При подборе ядерных микросателлитных локусов для сравнения генетических профилей лиственницы даурской и лиственницы сибирской, а также их подвидов проанализировали 19 локусов. Из них для видовой идентификации были отобраны лишь 5, с разными показателями для разных видов *Larix* (табл. 5) [2]. Отбор именно этих 5 локусов обусловлен тем, что показатели длин у *Larix dahurica* и *Larix sibirica* по ним отличаются, а по остальным локусам разницы в значениях не наблюдалось.

В результате анализа 142 образцов лиственницы на территории ЕАО отмечено полное соответствие показателям длин и характеристик для ядерных микросателлитных локусов, указанных

в табл. 5 для *Larix dahurica* и *Larix sibirica* и их подвидов.

Цель работы – определить генетическим методом видовую принадлежность лиственницы в ЕАО и провести оценку ее фитосанитарного состояния микробиологическим и микроскопическим методами, выявить род и вид возбудителя инфекции.

В лаборатории лесной генетики в филиале ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Хабаровского края» проводятся комплексные исследования фитопатогенов. Результаты выполняемых работ позволяют не только определить наличие возбудителя инфекции, но и дать его полную характеристику.

Генетический метод обнаружения возбудителя инфекции позволяет его обнаруживать, когда видимых признаков поражения еще нет, что обеспечивает своевременное принятие мер по защите растения. Обеспечивается возможность выполнения скрининговых исследований на заболевания вирусной, грибковой или бактериальной природы.

Объект и методы исследования

В августе 2020 года проведено визуальное обследование насаждений лиственницы на территории ЕАО в 7 лесничествах (табл. 1) на предмет видовой принадлежности и зараженности фитопатогенами.

Исходя из актуальности темы, объектами изучения являлись лиственница даурская *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen. и лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.).

Таблица 1
Распределение образцов лиственницы по лесничествам Еврейской автономной области
Table 1
Distribution of larch samples by the forest areas of Jewish Autonomous Region

| Лесничество/участковое лесничество/квартал/выдел | Количество образцов |
|--|---------------------|
| Биробиджанское/Городское/68/14 | 40 |
| Облученское/Облученское/200/20 | 40 |
| Облученское/Облученское/200/30 | 20 |
| Облученское/Облученское/200/31 | 7 |
| Облученское/Облученское/200/21 | 5 |
| Биробиджанское/Смидовичское/130/18 | 10 |
| Питомник 33,34 кв | 20 |

Характеристика ядерных микросателлитных локусов, отобранных для сравнения *Larix dahurica* и *Larix sibirica* [9, 13, 14]

Table 2

Characteristics of nuclear microsatellite loci selected for the comparison of *Larix dahurica* and *Larix sibirica* [9, 13, 14]

| Локус | Нуклеотидная последовательность | Температура отжига | Размер фрагмента (Бондар, 2018) |
|------------|---|--------------------|---------------------------------|
| Ls_1524449 | FW: CGACAACACAGTCCATTTTCATC RV: ACATCTATTCCCCTCCCAATTC | Touchdown 60–51 °C | 179 |
| Ls_951631 | FW: GAAACATCGTGA CTTCCTTTGA RV: CAACGAAACAATGGCTACAAAC | Touchdown 60–51 °C | 150 |
| Ls_254200 | FW: TTGTAATGCACCTTCAACTCCA RV: ACCATTTTGGGCAGTGT TTG | Touchdown 60–51 °C | 252 |

Ядерные микросателлитные локусы, изменчивость которых была проанализирована для сравнения образцов лиственницы даурской и лиственницы сибирской, представлены в табл. 2.

ПЦР проведена с использованием набора лиофилизированных готовых реакционных смесей GenPak™ PCR Core (0.5 ml) производства ООО «Лаборатория Изоген» [13].

Визуализация ПЦР-продуктов проведена методом вертикального электрофореза в 5%-м полиакриламидном геле [2]. В качестве маркера стандартных длин использовалась ДНК плазмиды pBR322, обработанная рестриктазой Hpa II.

Размер ампликонов определяли в программе Photo-Capt. Анализ полученных генотипов проводили в программе GenAEx 6.2 [13].

Для выявления возможных фитопатогенов образцы хвои лиственницы высушивали на фильтровальной бумаге в чашке Петри, затем спустя 3 суток микроскопическим методом определяли наличие фитопатогенов.

В работе также использовали методы анализа ДНК, описанные или разработанные в Инсти-

туте леса НАН Беларуси. Выделение ДНК проводили методом СТАВ [10, 11]. Для диагностики фитопатогенов в полимеразно-цепной реакции (ПЦР) использовали 2 типа праймеров: универсальные и видоспецифические (табл. 3).

Детекцию результатов проводили с помощью горизонтального электрофореза в 2%-м агарозном геле, визуализацию продуктов проводили путем окрашивания в растворе бромистого этидия. В качестве контроля использовали заранее подготовленные поврежденные ткани и плодовые тела патогенов [1, 9].

Результаты и обсуждение

Данная исследовательская работа является частью работ Российского центра защиты леса (РЦЗЛ) по созданию единой генетической базы данных основных лесобразующих пород.

В табл. 4 отображены результаты видовой идентификации лиственницы.

У 57 образцов от общего отобранного объема выявлены незначительные отличия от показателей лиственницы даурской в длине фрагмента в области локуса bcLK 232 и UAKLly6, но эти дан-

Таблица 3

Универсальные праймеры для определения рибосомальной ДНК грибов-патогенов

Table 3

Universal primers for the determination of pathogenic fungi ribosomal DNA

| Локус | Праймер, последовательность нуклеотидов |
|------------|--|
| ITS (рДНК) | ITS1 tcc-gta-ggt-gaa-cct-gcg-g (Daniel K. Manter 1, Jorge M. Vivanco, 2007) |
| | ITS2 gct-gcg-ttc-ttc-atc-gat-gc (Daniel K. Manter 1, Jorge M. Vivanco, 2007) |
| | ITS3 gca-tcg-atg-aag-aac-gca-gc (Daniel K. Manter 1, Jorge M. Vivanco, 2007) |
| | ITS4 tcc-tcc-gct-tat-tga-tat-gc (Daniel K. Manter 1, Jorge M. Vivanco, 2007) |

Результаты видовой идентификации лиственницы по лесничествам Еврейской автономной области

Таблица 4

Table 4

Results of larch species identification in the forest areas of Jewish Autonomous Region

| Лесничество/ уч.лесничество/кв/в | Количество образцов | Лиственница Гмелина (даурская), Каяндера | Гибриды | Лиственница сибирская |
|-------------------------------------|------------------------|--|---------|--------------------------|
| Биробиджанское/Смидовичское/130/18 | 10 | 8 | 2 | |
| Питомник 33,34 кв | 20 | 9 | 11 | |
| Биробиджанское/Городское/68/14 | 40 | 20 | 20 | |
| Облученское/Облученское/200/20 | 40 | 25 | 12 | 3 |
| Облученское/Облученское/200/30 | 20 | 15 | 5 | |
| Облученское/Облученское/200/31 | 7 | 4 | 2 | 1 |
| Облученское/Облученское/200/21 | 5 | | 5 | |

ные не соответствуют показателям лиственницы сибирской (табл. 5).

Среди проанализированных образцов также выявлены 4 образца, все показатели в области обследованных локусов по которым соответствуют лиственнице сибирской.

С целью подтверждения полученных результатов были проведены дополнительные исследования по видовой идентификации на основании методики, представленной в рамках магистерской диссертации Е.И. Бондар под руководством к.б.н. Н.В. Орешковой «Разработка микросателлитных маркеров лиственницы сибирской на основании полногеномного *de novo* секвенирования».

Проведенные на основании указанной ра-

боты исследования подтвердили принадлежность исследуемых образцов к лиственницам Гмелина и Каяндера и близким им таксонам, а также выявлены гибридные формы у 81 образца.

В области локуса Ls_1524449 в анализируемых образцах «выявлены нестабильные спектры с большим числом нуль-аллелей», что, согласно методике, описанной в работе Е.И. Бондар, является характерным для лиственницы Гмелина (*L. gmelinii*) и для лиственницы Каяндера (*L. cajandera*) (табл. 5).

В области локуса Ls_951631, по данным Е.И. Бондар, «в популяции лиственницы Каяндера отмечен слишком большой разброс в различии аллельных вариантов. А для лиственницы сибир-

Таблица 5

Характеристика ядерных микросателлитных локусов, подобранных для видовой идентификации *Larix*

Table 5

of nuclear microsatellite loci selected for *Larix* species identification

| Локус | Показатели ядерных микросателлитных локусов | |
|------------|--|---|
| | <i>Larix dahurica</i> и ее подвиды | <i>Larix sibirica</i> и ее подвиды |
| UACLy6 | 214–262 п.н. | 180–215 п.н. |
| bcLK232 | 133–149 п.н. | 151–164 п.н. |
| Ls_1524449 | нестабильные спектры с большим числом нуль-аллелей | высокополиморфный с 9 аллельными вариантами |
| Ls_951631 | большой разброс в различии аллельных вариантов | полиморфизм |
| Ls_254200 | слабая полиморфность | значительный полиморфизм, нестабильная амплификация |

ской данный локус «показал себя полиморфным». В настоящей работе с исследуемыми образцами данный локус оказался преимущественно мономорфным, что не соответствует описанному в методике Е.И. Бондар данным ни для лиственницы даурской, ни для лиственницы сибирской (табл. 5).

Анализ локуса Ls_254200 показал слабую полиморфность для исследуемых образцов, хотя изначально они выглядели мономорфными, что соответствует показателям лиственниц Каяндера и Гмелина, но не соответствует описанному в методике показателям для лиственницы сибирской – «полиморфный, но с большим числом нуль-аллелей и нестабильной амплификацией» (табл. 5).

Фитопатологическое обследование насаждений лиственницы в Еврейской автономной области

Для выявления и характеристики состояния насаждений лиственницы в ЕАО проведено комплексное обследование на наличие фитопатогенной флоры.

В результате в 32 исследуемых образцах хвои лиственницы из Облученского и Биробиджанского лесничеств методом электронной микроскопии обнаружены споры грибов из рода *Fusarium*, *Alternaria*, вызывающие загнивание семян, проростков, всходов и в целом полегание сеянцев, а в 4 образцах хвои лиственницы из Облученского лесничества грибы из рода *Phoma*, которые вызывают сухую гниль. Заражение растений патогеном происходит в период переувлажненности почвы через хвою, контактирующую с землей, затем патоген распространяется вдоль по стеблю и вызы-

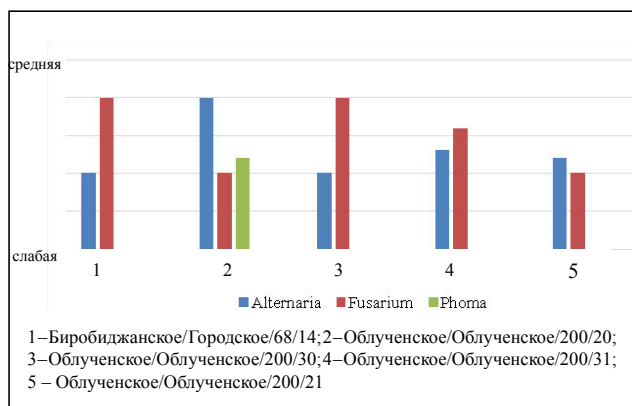


Рис. Степень зараженности патогенными грибами образцов почвы из 5 питомников Еврейской автономной области

Fig. The degree of infection with pathogenic fungi of soil samples from 5 nurseries of the Jewish Autonomous Region

вает гибель верхушечной почки растения [2, 5].

Следует отметить, что резервуаром *Alternaria* являются отмирающие растения и растительные остатки, с которых гриб попадает в почву. Наряду с другими грибами *Alternaria* принимает участие в разложении и минерализации растительных остатков. Этому способствует огромный комплекс ферментов [9].

Степень зараженности во всех исследуемых образцах преимущественно слабая (рис.).

Основываясь на совокупности лабораторных методов, удалось определить подходы к обнаружению фитопатогенов, что позволяет предложить комплекс мероприятий по защите растений.

Заключение

В результате выполнения работы:

- отобраны локусы, отработаны праймеры к ним, по которым возможно выявить различия между лиственницей даурской и лиственницей сибирской и их подвидами, а также сравнить их генетические профили;

- определены значения длин фрагментов ДНК, отмечены характерные показатели полиморфизма в области отобранных 5 локусов.

На основе проведенного анализа выявлено, что среди проанализированных образцов лиственницы 4 образца из Облученского лесничества являются лиственницей сибирской (*Larix sibirica*), 81 образец – лиственница Гмелина (*Larix dahurica*), 57 образцов являются гибридами.

Проведенный комплексный лабораторный анализ показал, что лабораторные методы успешно дополняют друг друга. Используя одновременно несколько лабораторных методик для выявления фитопатогена, возможно дать полную и верную характеристику его таксономических и биологических особенностей. Своевременная и точная идентификация фитопатогенных грибов необходима для изучения их эволюции и взаимоотношений с растениями-хозяевами, генетических основ восприимчивости и устойчивости растений, что в итоге должно помочь в разработке способов борьбы с патогенами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бобров Е.Г. Лесообразующие хвойные СССР. Л.: Наука, 1987. 189 с.
2. Бондар Е.И. Разработка микросателлитных маркеров лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на основе полногеномного *de novo* секвенирования: автореф. магистр. дис. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. 65 с.

3. Дылис Н.В. Лиственница. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 96 с.
4. Куренцова Г.Э. Естественные и антропогенные смены растительности Приморья и Южного Приамурья. Новосибирск: Наука, 1973. 230 с.
5. Орешкова Н.В. Популяционно-генетические параметры лиственницы Гмелина в Восточном Забайкалье // Вестник ТГУ. 2009. № 328. С. 193–198.
6. Орешкова Н.В. Аллозимный полиморфизм ферментов лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr) // Хвойные бореальной зоны. 2008. Т. XXV, № 1–2. С. 160–167.
7. Орешкова Н.В., Белоконов М.М., Жамьянсурен С. Изменчивость ядерных микросателлитных локусов у лиственниц Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) и камчатской (*Larix kamtchatica* (Rupr.)) // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. 30, № 1–2. С. 145–151.
8. Политов Д.В. Генетика популяций и эволюционные взаимоотношения видов сосновых Северной Евразии: автореф. дис.... докт. биол. наук. М.: Ин-т общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, 2007. 47 с.
9. Bousquet J., Simon L., Lalonde M. DNA amplification from vegetative and sexual tissues of trees using polymerase chain reaction // Can. J. For. Res. 1990. Vol. 20. P. 254–257.
10. Hamrick J.L. Response of forest trees to global environmental changes // Forest Ecology and Management. 2004. Vol. 197, N 1–3. P. 323–335.
11. Khasa D.P. Contrasting microsatellite variation between sub-alpine and western larch, two closely related species with different distribution patterns // Molecular Ecology. 2006. Vol. 15, N 13. P. 3907–3918.
12. Isoda K. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Larix kaempferi* // Molecular Ecology. 2006. Vol. 15, N 3. P. 664–666.
13. Peakall R., Smouse P.E. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // Molecular Ecology Notes. 2006. Vol. 6. P. 288–295.
14. Taheri S. Mining and Development of Novel SSR Markers Using Next Generation Sequencing (NGS) Data in Plants // Molecules. 2018. Vol. 23, N 2. P. 399.
2. Bondar E.I. *Razrabotka mikrosatellitnykh markerov listvennitsy sibirskoi (Larix sibirica Ledeb.) na osnove polnogenomnogo de novo sekvenirovaniya* (Development of Microsatellite Markers for Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) on the Basis of Genome-wide de novo Sequencing). Extended Abstract of Master Dissertation. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2018. 65 p. (In Russ.).
3. Dylis N.V. *Listvennitsa* (Larch). Moscow: Lesnaya promyshlennost' Publ., 1981. 96 p. (In Russ.).
4. Kurentsova G.E. *Estestvennyye i antropogennyye smeny rastitel'nosti Primor'ya i Yuzhnogo Priamur'ya* (Natural and anthropogenic changes in the vegetation of Primorye and the Southern Amur region). Novosibirsk: Nauka Publ, 1973. 230 p. (In Russ.).
5. Oreshkova N.V. Population-genetic parameters of Gmelin Larch in Eastern Zabaikalje (Chita Region). *Vestnik TGU*, 2009, no. 328, pp. 193–198. (In Russ.).
6. Oreshkova N.V. Allozyme Polymorphism of Enzymes of Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) and Cajander Larch (*Larix cajanderi* Mayr). *Khvoynye boreal'noi zony*, 2008, vol. 25, no. 1–2, pp. 160–167. (In Russ.).
7. Oreshkova N.V., Belokon' M.M., Zham'yansuren S. Variability of Nuclear Microsatellite Loci in Gmelin Larch (*Larix gmelinii* (Rupr.) and Kamchatka Larch (*Larix kamtchatica* (Rupr.)). *Khvoynye boreal'noi zony*, 2012, vol. 30, no. 1–2, pp. 145–151. (In Russ.).
8. Politov D.V. Population Genetics and Evolutionary Relationships of the Pinaceae of Northern Eurasia. *Extended Abstract of Doct. Sci. (Biol.) Dissertation*. Moscow: N.I. Vavilov' Institute of General Genetics RAS, 2007. 47 p. (In Russ.).
9. Bousquet J., Simon L., Lalonde M. DNA amplification from vegetative and sexual tissues of trees using polymerase chain reaction. *Can. J. For. Res.*, 1990, no. 20, pp. 254–257.
10. Hamrick J.L. Response of forest trees to global environmental changes. *Forest Ecology and Management*, 2004, vol. 197, no. 1–3, pp. 323–335.
11. Khasa D.P. Contrasting microsatellite variation between sub-alpine and western larch, two closely related species with different distribution patterns. *Molecular Ecology*, 2006, vol. 15, no. 13, pp. 3907–3918.
12. Isoda K. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Larix kaempferi*. *Molecular Ecology*, 2006, vol. 15, no. 3, pp. 664–666.

REFERENCES:

1. Bobrov E.G. *Lesoobrazuyushchie khvoynye SSSR* (Forest-forming conifers of the USSR). Leningrad: Nauka Publ., 1987. 189 p. (In Russ.).

13. Peakall R., Smouse P.E. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*, 2006, vol. 6, pp. 288–295.
14. Taheri S. Mining and Development of Novel SSR Markers Using Next Generation Sequencing (NGS) Data in Plants. *Molecules*, 2018, vol. 23, no. 2, 399.

DETERMINATION OF LARCH SPECIES IN THE JEWISH AUTONOMOUS REGION AND ASSESSMENT OF ITS PHYTOSANITARY STATE

E.N. Amyaga, S.P. Isaev

At present, it is especially acute to study valuable forest species at the genetic level in order to ensure their safety, species identification and the origin of wood control. Larch (Larix) is one of the ecologically and economically important conifers in our country. Preservation and study of the forest plant species genetic diversity anywhere, including the Jewish Autonomous Region (EAO), is one of the fundamental challenges of modern botany, ecology, genetics and dendrology. In the article, the author analyzes samples of larch stand needles collected in the Jewish Autonomous Region. Using the necessary loci, selected by means of the genetic method, the author analyzed features of the Larix gmelinii and Larix sibirica species [4]

No less urgent is the problem of plant damage by phytopathogens. A phytopathogen is a causative agent of plant disease that releases biologically active substances that have a detrimental effect on metabolism, affecting the root system, disrupting the function of chloroplasts, growth processes, and the supply of nutrients. Violation of metabolism in plant cells and organs, resulted in their productivity decrease or complete death, leads to the disruption of populations' integrity and causes enormous harm to both agricultural crops and forest-forming species. This work shows the results of analysis of the larch plantations phytosanitary state and the percentage of healthy and affected plantations in the regions.

The comprehensive laboratory analysis has shown that the laboratory methods successfully complement each other. It is possible to give a complete and correct description of taxonomic and biological characteristics of a phytopathogen using simultaneously several laboratory techniques for its identification. Ultimately, it should be of help in the development of methods for combating pathogens.

Keywords: larch, *Larix gmelinii*, *Larix sibirica*, Jewish Autonomous Region, phytosanitary condition, phytopathogens.

Reference: Amyaga E.N., Isaev S.P. Determination of larch species in the Jewish Autonomous Region and assessment of its phytosanitary state. *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 3–9. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-1-3-9.

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.24(265)

ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ЗАПАДНО-ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА: ФОРМИРОВАНИЕ ЛИТОСФЕРНЫХ ВИХРЕЙ

Л.А. Изосов¹, Ю.И. Мельниченко¹, В.И. Чупрынин², Н.С. Ли¹, Б.А. Казанский¹,
Т.А. Емельянова¹, В.В. Лепешко¹, Е.Б. Осипова¹

¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН,
ул. Балтийская 43, г. Владивосток, 690041,
e-mail: donkifa@mail.ru

²Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,
ул. Радио 7, г. Владивосток, 690041

На примере Западно-Тихоокеанского сегмента Земли рассматривается взаимосвязь вертикальных и горизонтальных тектонических движений – важнейшей и далеко не разрешённой в настоящее время проблемы геотектоники. Приводится обзор представлений о глобальной упорядоченности различных форм земной поверхности как конечного результата действия геодинамических сил. Авторские разработки касаются вопросов происхождения структур, связанных со взаимодействием и влиянием эндогенных сил на формирование регионального рельефа. Главным инструментом его изучения служили структурно-геоморфологические методы и линейно-ментный анализ. Установлено, что: 1) все тектонические дислокации содержат как горизонтальные, так и вертикальные компоненты скорости движения, причём первые господствуют в структурообразовании региона; 2) конечным результатом их взаимодействия служат вихревые и прочие нелинейные (кольцевые, спиральные, дуговые и т.п.) деформации литосферы, составляющие основной тип структурных элементов региона; 3) они часто сопровождаются магматической активизацией тектоносферы в форме конвективных движений и/или «всплывания» плюмов; 4) морские и океанические впадины Западной Пацифики представляют, в сущности, воронки конвективных ячеек, которые в условиях сдвига скоростей движения взаимодействующих геоблоков литосферы структурировались в форму тектоносферных вихрей. Предложена модель конвекции трехслойной тектоносферы, движение которой в поле силы тяжести обусловлено локальным разуплотнением и снижением вязкости кусочно-неоднородной среды. Изложенные представления позволяют рассматривать тектоническую эволюцию Западно-Тихоокеанского региона как формирование литосферного мегавихря в зоне сочленения континент – океан. Его развитие связывается с энергетическим взаимодействием мантии и верхних оболочек (тектоносфер) Земли, что обусловлено неустойчивым режимом ротационной динамики планеты.

Ключевые слова: зона перехода континент – океан, ротация Земли, разломы фундамента, рифты, литосферные вихри, кольцевые структуры.

Образец цитирования: Изосов Л.А., Мельниченко Ю.И., Чупрынин В.И., Ли Н.С., Казанский Б.А., Емельянова Т.А., Лепешко В.В., Осипова Е.Б. Особенности тектонической эволюции Западно-Тихоокеанского региона: формирование литосферных вихрей // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 1. С. 10–25. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-1-10-25.

Введение

Тектоническая эволюция Западно-Тихоокеанского региона – это формирование серии литосферных вихрей в зоне сочленения континент – океан (рис. 1). Оно связано с энергетическим взаимодействием мантии и верхних оболочек (тектоносфер) Земли, обусловленным неустойчи-

вым режимом ротационной динамики планеты. Особый интерес представляют глобальные сдвиговые зоны [42, 58] и вихри литосферы [27, 29, 39], сформировавшиеся в результате комбинации горизонтальных и вертикальных тектонических движений [13, 48]. Авторы рассмотрели заявленную проблему с широким привлечением материа-

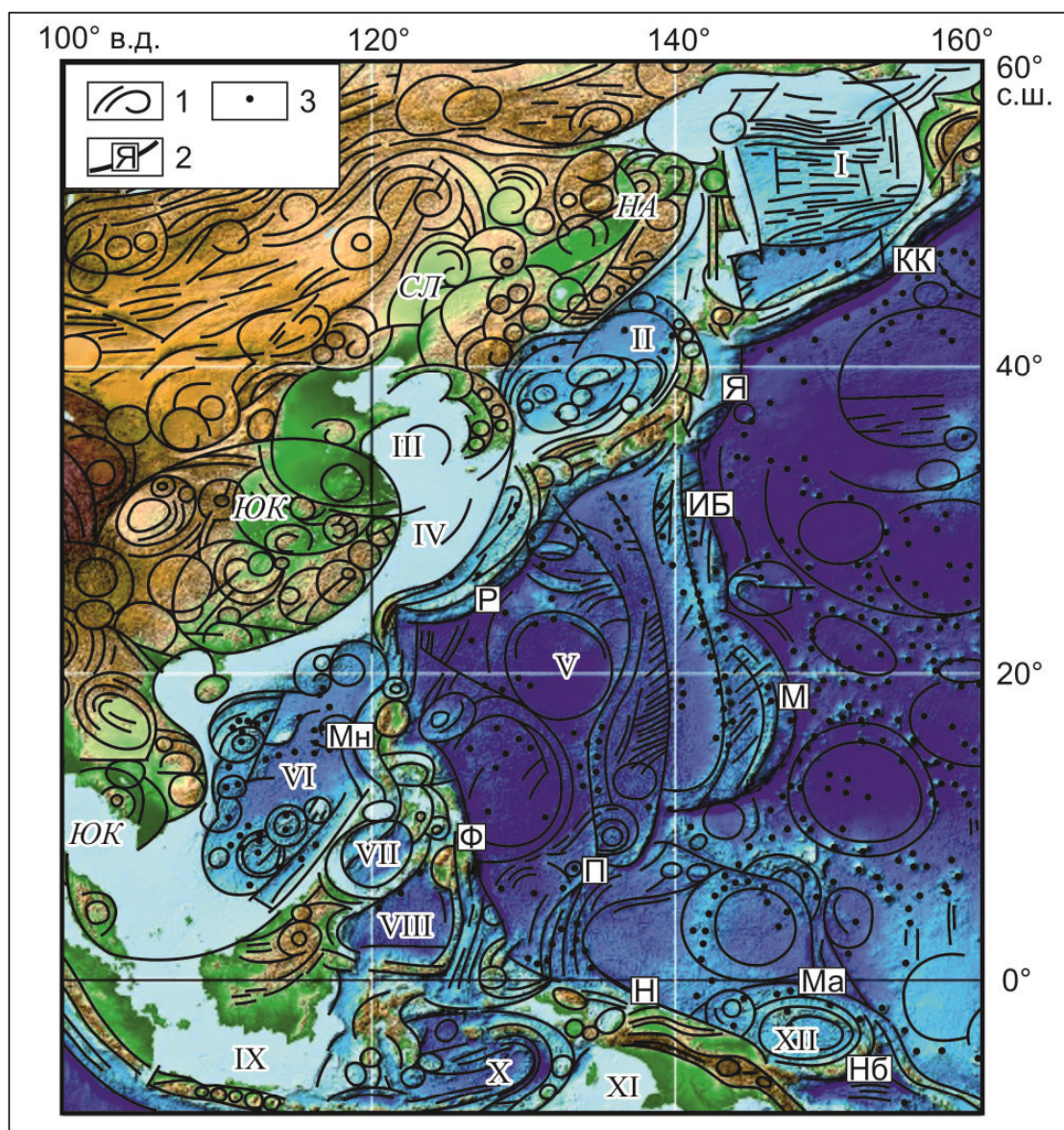


Рис. 1. Морфоструктурная схема западной части Тихого океана и его континентального обрамления ([14], с изменениями):

1 – линеаменты; 2 – глубоководные желоба: КК – Курило-Камчатский, Я – Японский, ИБ – Идзу-Бонинский, Р – Рюкю, М – Марианский, Мн – Манильский, Ф – Филиппинский, П – Палау, Н – Новогвинейский, Ма – Манус, Нб – Новобританский; 3 – предположительно кайнозойские базальтовые щитовидные вулканические постройки. Окраинные моря Тихого океана (цифры на схеме): I – Охотское, II – Японское, III – Желтое, IV – Восточно-Китайское, V – Филиппинское, VI – Южно-Китайское, VII – Сулу, VIII – Сулавеси (Целебесское), IX – Яванское, X – Банда, XI – Арафурское, XII – Новогвинейское (Бисмарка). Континентальные региональные вихревые морфоструктуры: HA – Нижнеамурская, SL – Сунляо, IOK – Южно-Китайская

Fig. 1. The morphostructural scheme of the Western Pacific ocean and its continental frame (Izosov et al., 2018a; with changes):

1 – lineaments; 2 – deep-water troughs: KK – Kuril-Kamchatka, J – Japanese, IB – Izu-Bonin, R – Ryukyu, M – Mariana, Mn – Manila, F – Philippine, P – Palau, N – New Guinea, MA – Manus, NB – New British; 3 – presumably Cenozoic basalt shield volcanic constructions. The marginal seas of the Pacific ocean (numbers in the scheme): I – Okhotsk, II – Japanese, III – Yellow, IV – East China, V – Philippine, VI – South China, VII – Sulu, VIII – Sulawesi (Celebes), IX – Java, X – Banda, XI – Arafura, XII – New Guinea (Bismarck). Continental regional vortex morphostructures: ON – Nizhneamur, SL – Songliao, SC – South China

лов по довольно хорошо изученной Япономорской зоне перехода континент – океан [9, 12, 14, 16, 17].

Исключительно мантийными образованиями являются разломы фундамента и многочисленные кольцевые структуры, которые функционируют в течение длительных промежутков геологического времени и, как правило, не смещаются по сдвигам или смещаются на незначительные расстояния [12].

Структурами, в развитии которых наиболее тесно взаимодействуют вертикальные и горизонтальные тектонические движения, являются литосферные вихри. Поэтому установление и прослеживание связей между ними, даже самых слабых, является, на наш взгляд, одной из интереснейших задач геодинамики. Анализ именно этих соотношений служит главной целью настоящей статьи.

Состояние проблемы

Существующие представления о глобальной упорядоченности рельефа земной поверхности [22] исходят из понятия самоорганизации геологической системы. При этом расположение главных форм рельефа признаётся постоянным с древнейших геологических времён. Так, срединноокеанические хребты, островные дуги и другие крупные формы рельефа субмеридионального направления распределяются примерно через 90° [43, 50]. В то же время крупные кольцевые структуры, возникшие в нуклеарную стадию развития Земли [33] и имеющие глубокие корни, в пределах мощных докембрийских сооружений сохраняют устойчивое положение в течение длительного времени и перемещаются вместе с ними в этапы развития горизонтальных движений. Эти мантийные структуры при дальнейших всплесках тектономагматической активизации находят своё новое отражение в рельефе и ещё больше осложняют сложившийся морфоструктурный план. В связи с этим можно полагать, что упорядоченные формы рельефа не являются одноактными образованиями, а периодически возникали в течение всего геологического времени, нередко накладываясь друг на друга или перерабатывая уже существовавшие морфоструктуры.

При трактовке происхождения тех или иных структур следует, в первую очередь, учитывать фактор вращения Земли [3, 6, 15, 24, 44]. Именно ротационный режим, при котором главную роль играли тангенциальные напряжения, обусловил расположение сети планетарных разломов, закономерно ориентированных относительно меридианов [6, 44]. Так, ещё Г.Н. Каттерфельд (1962) связывал зависимость развития широтных и мери-

диональных дизъюнктивов с неравномерным гравитационным сжатием трёхосной фигуры Земли. В связи с притяжением Солнца и главным образом Луны при замедлении угловой скорости вращения Земли уменьшается полярное сжатие и в высоких широтах происходит поднятие литосферы, а в низких – её опускание. С вращением Земли связывают и появление крупномасштабных горизонтальных тектонических движений, которым также придаётся ведущее значение в геотектонике [46].

Согласно принципам тектонической слоенности литосферы [36, 41] её верхние оболочки имеют тенденцию смещаться относительно друг друга в условиях колебаний осевой скорости вращения. Проворотом тектоносфер относительно друг друга, в которые вовлекаются коровые и мантийные массы, и движениями по сублатеральным срывам могут быть обусловлены обстановки, благоприятные для крупномасштабного растяжения – сжатия и, как следствие, для проявления рифтогенных и коллизионных процессов. При столкновении их друг с другом в результате развития надвиговых и чешуйчатых деформаций образуются характерные хаотические аккреционные комплексы. Важную роль Ю.М. Пушаровский (1965) отводит дифференцированным горизонтальным перемещениям континентов, литопластин и отдельных блоков внутри континентов и океанского ложа.

С этих позиций сравнительно легко объясняется повсеместное проявление в их пределах вихревых дислокаций. Так, О.И. Слензак (1972) объяснял формирование вихревых структур вращением Земли и периодическим действием приливных волн, когда в литосфере возникают напряжения сдвига и кручения, стремящиеся повернуть каждый блок литосферы против часовой стрелки. Вращение планеты также вызывает мощные силы, формирующие турбулентные потоки литосферных масс глобального масштаба и подчинённые им локальные структуры того или иного иерархического уровня – комплексы литосферных циклонов и антициклонов, всасываний и нагнетаний вещественных масс [5, 27].

Следует подчеркнуть, что геологические процессы, происходящие на Земле, относятся к нелинейным [36, 47]. С позиций синергетики [31] это означает, что, когда в определённых пределах термодинамических параметров и состоянии непрерывного потока энергии происходит закономерно упорядоченная организация вещества в условиях, отдалённых от термодинамического равновесия, в неравновесных и критических ситу-

ациях возникают диссипативные (нестабильные) геологические системы. К типу таких неравно-весных глобальных систем относится литосфера, которая непрерывно обменивается веществом и энергией с другими оболочками Земли. Её структурообразование в результате развития сложных нелинейных процессов, имеющих, вероятно, и космические причины, идёт по пути возрастания неоднородностей [50], когда возникают новые, перерабатываются или захватываются прежние тектонические структуры.

Методика исследований

В этой работе внимание прежде всего концентрируется на формах геологических тел (геологических структурах), равно как и на их взаимоотношениях. Соответственно, решались следующие задачи: 1) выделение по морфологическим, литостратиграфическим, геофизическим признакам структурных единиц различного тектонического уровня; 2) определение их связей и соотношений и установление парагенетических комплексов; 3) анализ геодинамических обстановок развития нелинейных (вихревых) дислокаций и выяснение их роли в эволюции Западно-Тихоокеанского сегмента планеты. При этом вначале проводились морфоструктурные построения и осуществлялся линеаментный анализ земной поверхности, которые успешно применяются как при исследовании планетарной сети разломов и рельефа Земли [1, 11, 15, 21, 26], так и различных структур центрального типа [11, 13, 48].

Методический комплекс составили структурное дешифрирование космофотоснимков, топографических и батиметрических карт, а также интерпретация карт аномалий гравитационного и магнитного полей, данные сеймотектоники, сейсмопрофилирования и геотермии, построение региональных схем линеаментов и разломов, в том числе сейсмоактивных [17]. Проводилась обработка данных спутниковой альтиметрии с построением схем цифрового рельефа земной поверхности [25]. Генерализация линеаментов, отражающих энергоструктуру континентальных районов, корректировалась с системой линеаментов морских впадин, выделенных по геоморфологическим и геофизическим признакам [16, 38].

Для реконструкции особенностей структурно-морфологической эволюции континентально-океанической зоны перехода осуществлялось механико-математическое моделирование тектоносферы региона [32, 55]. Она моделируется трехслойной кусочно-неоднородной средой, движение которой в естественном поле силы тяжести обу-

словлено действием локального разуплотнения, и отличается снижением вязкости.

Результаты исследований и обсуждения

Впадина Тихого океана с позиций морфологической тектоники рассматривается как кольцевая мегаструктура планетарного масштаба, испытывавшая в кайнозое знакопеременные вращательные движения [28, 57]. Естественно, при взаимодействии плиты Тихого океана с континентальной плитой наибольшие амплитуды сдвигов наблюдаются в зоне их сочленения – Тихоокеанском тектоническом поясе [36]. В западной части пояса выделяется Восточно-Евразийская глобальная сдвиговая система [42]. Восточная окраина Евразии является областью широкого развития аккреционной тектоники [51, 54], что связано с перемещением крупных тектонических масс в северном направлении. Их движение началось в позднем палеозое и завершилось в мезозое [53].

В целом тектоника данного региона определяется распадом Гондваны и аккрецией Азии. В результате этого процесса произошло столкновение двух литосферных плит – Евразийской и Тихоокеанской, а также их дробление на блоки и формирование структур, связанных с «косой субдукцией» [58]. Тектонические движения (горизонтальные и вертикальные) и сопутствующие им магматические проявления развивались в этой мобильной зоне по законам нелинейной геодинамики в условиях сложного сочетания деформаций растяжения и сжатия как во времени, так и в пространстве [25]. Через скрытые разломы фундамента происходило проникновение мантийного субстрата – астеносферный и нижнемантийный плюмовый апвеллинг [8]. Это способствовало формированию тектоносферных воронок (восходящих и нисходящих вихрей литосферы) и приуроченных к ним впадин окраинных морей [13, 48]. Во вращение вовлекались блоки литосферы, возникали литосферные вихри и кольцевые структуры [5, 13, 27, 39]. Литосферные вихри (литоциклоны и антилитоциклоны) являются именно теми образованиями, в которых естественным образом сочетаются и взаимодействуют вертикальные и горизонтальные тектонические движения.

Гигантская система энергетических вихрей литосферы намечена практически вдоль всей Западно-Тихоокеанской области сочленения континент – океан по впадинам окраинных морей [7]. Примечательно, что впадины, как правило, развиты на периферии гигантских морфоструктур центрального типа, определяющих современный тектонический план региона, и представляют

своеобразный тип упорядоченности рельефа с особым видом симметрии-антисимметрии, названной инь-ян-системами [18]. Эти образования рассматриваются как ячейки земной коры второго (после континентально-океанического) уровня иерархии и широко распространены за пределами Тихоокеанской окраины Евразии.

Морфотектоническая структура вихрей формировалась, вероятно, в процессе косога взаимодействия Евразийской и Тихоокеанской литосферных плит, когда мощно проявились как горизонтальные, так и вертикальные движения тектонических масс [13, 48]. Конечным продуктом этих движений стали масштабные морфотектонические преобразования Западно-Тихоокеанского региона, которые привели в том числе к формированию впадин окраинных морей Евразии и Австралии (рис. 1).

Проведённые нами палинспатические исследования [52], основанные на палеомагнитных данных и палеобиогеографических реконструкциях [54, 56], показывают, что Япономорская зона перехода континент – океан до раскрытия Японского моря представляла собой область стыковки крупных докембрийских блоков раздробленной Китайской платформы. Они были разделены долгоживущими покровно-складчатými системами с широко развитыми позднемезозойскими хаотическими комплексами [40, 54].

Взаимосвязь и взаимодействие горизонтальных и вертикальных составляющих тектонических движений наиболее отчетливо проявились в развитии складчатости Япономорской зоны перехода континент – океан. В этом регионе, с одной стороны, наблюдаются элементы разломно-блоковой тектоники, связанной с трендом горизонтальных движений Амурской и Тихоокеанской плит (рис. 2). При этом в рельефе земной поверхности наблюдаются деформации, обусловленные вращательными движениями геоблоков. Так, впадина Японского моря с Японской островной дугой и частью прилегающей континентальной окраины составляют структуры Япономорского и Нижнеамурского циклонических литосферных вихрей (рис. 3). Их бинарную инь-ян-систему морфотектонических элементов земной коры отличает характерное соотношение гипсометрических уровней (верхний-нижний) [19]. Весьма примечательно, что имеющиеся палеомагнитные данные указывают на вращение отдельных Японских островов при раскрытии, в основном в миоцене Японского моря [56]. Вращательные движения в этом регионе, судя по наблюдениям за геодези-

ческими знаками, сохраняются и в голоцене [37]. Они могут быть обусловлены и ротационными силами Земли [3, 15].

Формирование морской впадины сопровождалось массовыми излияниями базальтов. Это объясняется внедрением масс мантийного вещества в верхние горизонты земной коры (диапиризм): например, раскрытие Японского моря, как и других морей Западно-Тихоокеанской переходной зоны, связывается с ростом корово-мантийного диапира [4].

Проведенное механико-математическое моделирование механизма вертикальных движений масс астеносферы тыловодужных бассейнов (расчет в безразмерных координатах) указывает на два возможных сценария: в режиме «купола» и в режиме «прогиба» [2, 32, 55].

В режиме «купола» движение масс тектоносферы происходит по схеме конвекции с восходящими потоками в разуплотненной области и нисходящими – у боковых границ конвективной ячейки (рис. 4, верхняя модель). Векторное поле распределения градиентов интенсивности напряжений характеризует взаимодействие среднего разуплотненного слоя с верхним вязко-жестким и нижним однородным слоями. На границах раздела слоев выражена тенденция к усилению поля напряжений, градиенты интенсивности достигают максимальных значений 486.406 МПа. Всплытие разуплотненного вещества вызывает поднятие верхнего слоя («штампованная» складчатость «жесткой» коры), а также восходящий поток вещества нижнего слоя. По распределению изолиний и градиентов в зоне максимального разуплотнения (центральная часть ячейки) наибольшее значение интенсивности напряжений наблюдается в среднем слое. В краевых частях конвективной ячейки происходит компенсационное оседание среды.

В режиме «прогиба» (при условии охлаждения в верхних горизонтах и изменения вязкости по глубине) разуплотненное вещество растекается под перекрывающим его более вязким верхним слоем, вызывая его утонение и проседание свободной верхней границы (рис. 4, нижняя модель). Распределение изолиний интенсивности напряжений моделирует тенденцию к проседанию границы и прилегающей части верхнего слоя. Выражена зона центрального погружения над областью максимального разуплотнения среднего слоя, который отвечает за перераспределение напряжений. Режим «прогиба» является естественным в поле силы тяжести и происходит быстрее в масштабах геологического времени.

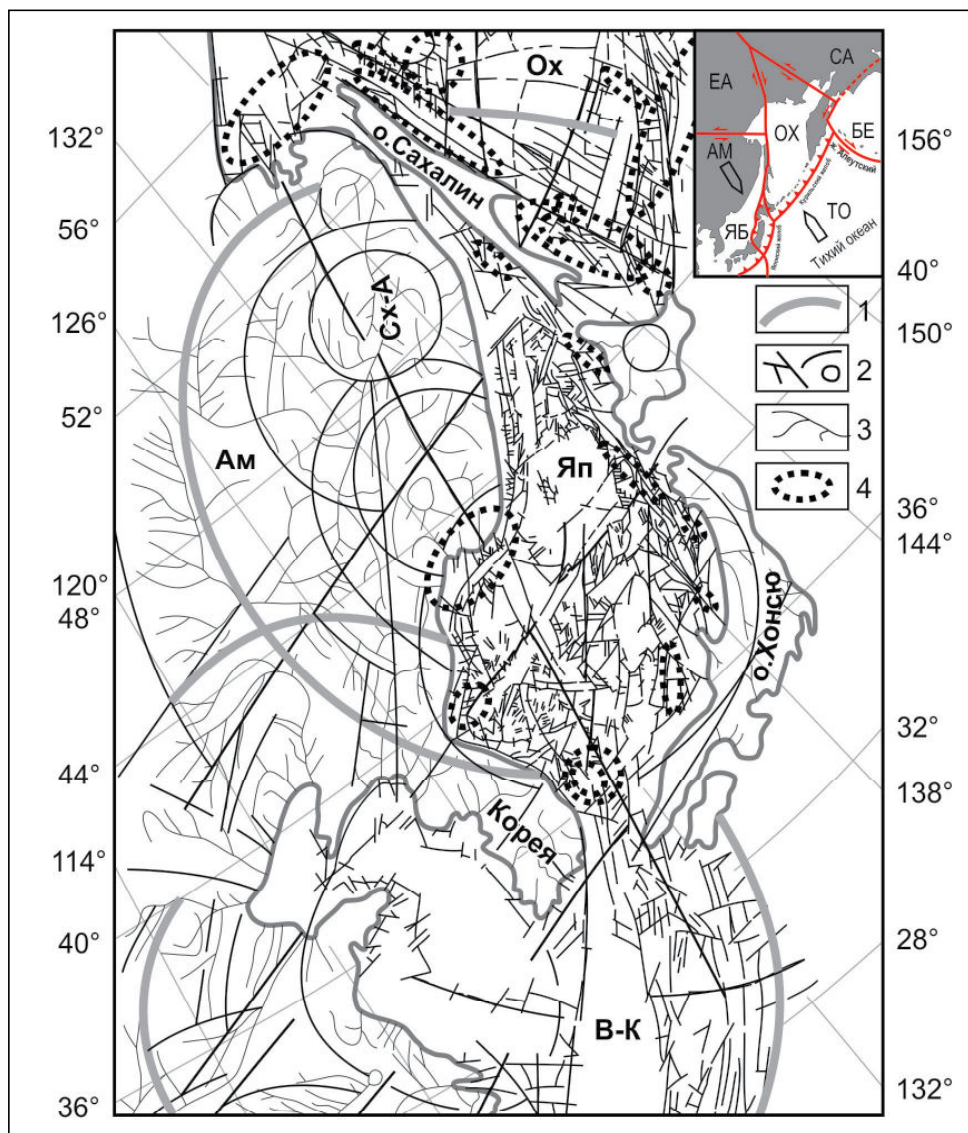


Рис. 2. Схема линейментов земной коры области Азиатско-Тихоокеанского сочленения континент – океан: Геоблоки (Красный, 1984):

Ам – Амурский, Яп – Японский, Ох – Охотский. Области мезо-кайнозойской складчатости континентально-островного обрамления Японского моря: Сихотэ-Алинь (Сх-А), Корейский п-ов (Корея), о. Хонсю, о. Сахалин. 1 – предполагаемые границы внешней сферы вихревых систем: Японо-Амурской и Восточно-Китаеморской; 2 – линейные и дуговые линейменты земной поверхности и фрагменты зон трансрегиональных разломов; 3 – фрагменты речной сети; 4 – участки газогеохимических аномалий, газогидратов и потоков метана. Вставка: границы плит Северо-Американской (СА), Евразийской (ЕА), Тихоокеанской (ТО) и геоблоков – Амурского (АМ), Берингоморского (БЕ), Охотского (ОХ), Япономорского (ЯР). Стрелками показан тренд движений Амурской и Тихоокеанской плит

Fig. 2. The scheme of lineaments of Earth crust of the Asia-Pacific continent-ocean junction: Geoblocks (Krasny, 1984):

Am – Amur, Jap – Japanese, Okh – Okhotsk. Areas of Mesozoic-Cenozoic folding of the continental island frame of the sea of Japan: Sikhote-Alin (Ckh-A), Korean Peninsula (Korea), Honshu island, Sakhalin island. 1 – the proposed boundaries of the outer sphere of vortex systems: the Japan-Amur and East China Sea; 2 – linear and arc lineaments of the Earth's surface and fragments of transregional fault zones; 3 – fragments of the river network; 4 – areas of gas-geochemical anomalies, gas hydrates and methane flows. Insert: boundaries of plates of North American (NA), Eurasian (EA), Pacific (PO) and geoblocks of Amur (AM), Bering Sea (BE), Okhotsk (OKH), Japan (JA). Arrows show the trend of movements of the Amur and Pacific plates

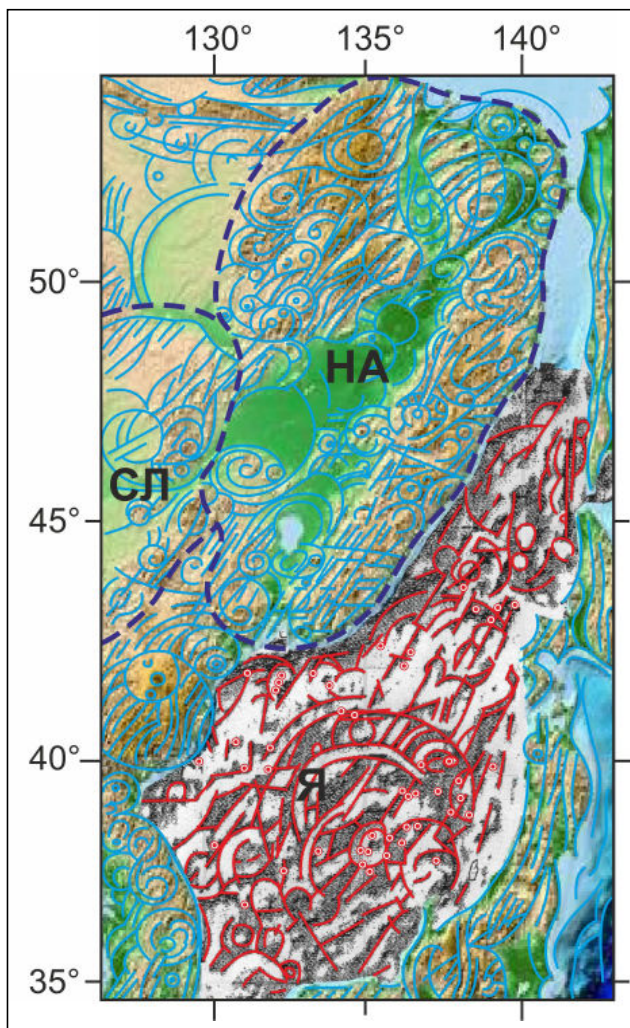


Рис. 3. Вихревые структуры Япономорского региона. Линиями отмечены резкие границы аномалий плотности земной коры. Точками выделены станции драгирования пород акустического фундамента. НА – Нижнеамурская вихревая структура, СЛ – впадина Сунляо, Я – впадина Японского моря

Fig. 3. The vortex structures of the Japan Sea region. Lines marked the sharp boundaries of anomalies of the density of the Earth's crust. Points are allocated stations of dredging of rocks of the acoustic basement. NA – Nizhneamur vortex structure, SL – the depression Songliao, J – basin of the Sea of Japan

Модель инверсии движения мантийной массы иллюстрирует динамическое воздействие восходящего потока вещества астеносферы на контактах материкового и океанического блоков литосферы. В обеих моделях наблюдаются явления адвекции масс вещества с периферии ячейки

в центральную область. Поднимающаяся магма расчленяет, сдвигает в стороны, поднимает и погружает континентальные блоки земной коры, формирует фундамент островной дуги. Появление котловин в тылу дуги с субокеаническим или океаническим типом земной коры является следствием остывания верхов мантии. Данные процессы осуществляются в условиях пульсации электромагнитных полей и ротационных движений Земли, на которые накладываются горизонтальные силы нелинейных взаимодействий коровых блоков. Все это создает эффект вихревого (спирального) движения масс литосферы.

Дискретность и неоднократность диапиризма, развитие трещин внедрения и разломов различной ориентировки и глубины создают условия для формирования разного рода вулканотектонических комплексов. Анализ морфологических особенностей дна, их корреляция с остаточными аномалиями гравитационного поля и аномалиями магнитного (ΔT_a) и термического полей и данных геологического опробования показывает резкое преобладание вулканоструктур в строении дна Японского моря. В совокупности они как бы «срезают» докайнозойские складчатые образования докембрийского фундамента (рис. 3). Лишенные гранитного слоя котловины характеризуются «субокеаническим» и новообразованным «океаническим» типом коры.

Вулканоструктуры котловин Японского моря в общих чертах характеризует структурно-территориальное распределение центров вулканической деятельности. Архитектоника впадины моря представлена гигантской депрессией центрального типа диаметром примерно 420 км. Тектоническим каркасом служат долгоживущие трансрегиональные глубинные разломы субширотного и субмеридионального направлений – части регматической сети Земли (рис. 2). По диагонали от о-ва Цусима до о-ва Сахалин впадину пересекает структурный шов (сутура), который составляет часть трансрегионального линеамента северо-восточного простирания. По морфологическим признакам он протягивается от Южно-Китайского моря до Пенжинского залива Охотского моря и рассматривается как реликт древней границы литосферы, разделяющей её на континентальную и океаническую части [19].

Основные морфологические элементы дна (котловины, возвышенности, линейные своды, отдельные горы и хребты) формируются разными в вещественном и возрастном отношениях вулканическими структурами (рис. 3). Это вулканические

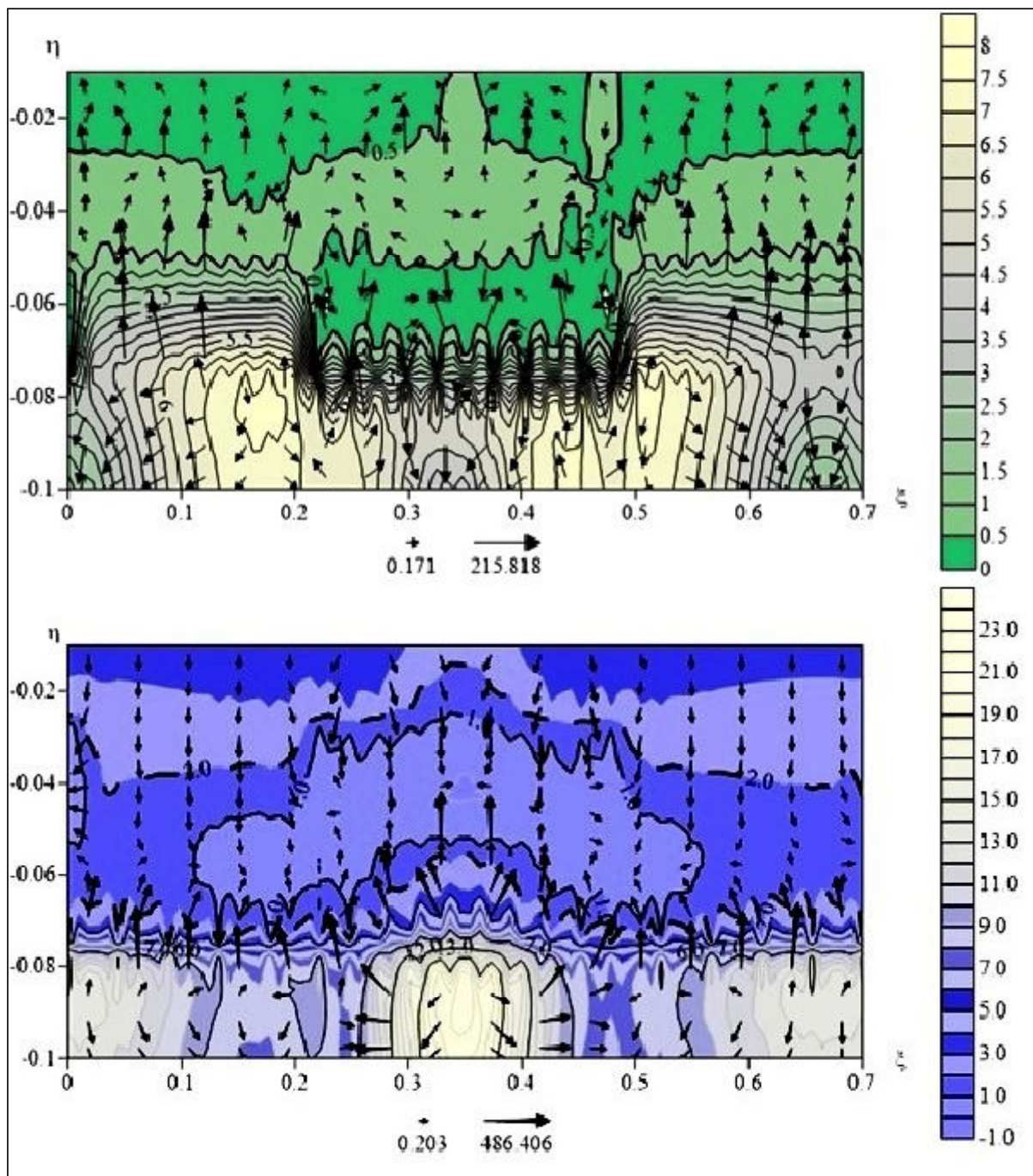


Рис. 4. Модель инверсии тектонического течения разуплотненного вещества тектоносферы Западно-Тихоокеанской зоны перехода в режимах «купола» (верхний график) и «прогиба» (нижний график) (по: [32, 55]):

численно-графический анализ выполнен в безразмерных координатах ξ и η для прямоугольной области с размерами горизонтали 3000 км ($0 \leq \xi \leq 0.7$ [0, 3000 км]) и вертикали 420 км ($-0.01 \leq \eta \leq 0.1$ [0, 420 км]). Начиная с верхней, заданные границы раздела слоев в безразмерных величинах равны: $\eta = -0.01$ (-42 км), $\eta = -0.025$ (-105 км), $\eta = -0.075$ (-315 км), $\eta = -0.1$ (-420 км). В режиме «купола» («подъем» вещественных масс) цветная легенда значений и контурный график изолиний интенсивности напряжений в интервале (0.0 МПа, 8.0 МПа), векторный график распределения градиентов интенсивности напряжений в интервале (0.171 МПа, 215.818 МПа). В режиме «прогиба» («погружение» масс) цветная легенда значений и контурный график изолиний интенсивности напряжений в интервале (-1.0 МПа, 23.0 МПа), векторный график распределения градиентов интенсивности напряжений в интервале (0.203 МПа, 486.406 МПа). Примечательно, что согласно моделированию в режиме «прогиба» продолжается подъем масс среднего слоя (η от -0.04 до -0.06) в центре конвекционной ячейки (ξ от 0.3 до 0.4)

Fig. 4. The model of the inversion of the tectonic flow of the decompressed material of the tectonosphere of the West Pacific transition zone in the «dome» (upper graph) and «trough» (lower graph) modes (after: [32, 55]):

numerical-graphical analysis was performed in dimensionless coordinates (ξ and η) for a rectangular area with horizontal dimensions of 3000 km ($0 \leq \xi \leq 0.7$ [0, 3000 km]) and vertical 420 km ($-0.01 \leq \eta \leq 0.1$ [0, 420 km]). Starting from the upper one, the specified interfaces of the layers in dimensionless quantities are: $\eta = -0.01$ (-42 km), $\eta = -0.025$ (-105 km), $\eta = -0.075$ (-315 km), $\eta = -0.1$ (-420 km). In the «dome» mode («rise» of material masses), a colored legend of values and a contour graph of stress intensity isolines in the interval (0.0 MPa, 8.0 MPa), a vector graph of the distribution of stress intensity gradients in the interval (0.171 MPa, 215.818 MPa). In the «deflection» mode («immersion» of masses), a colored legend of values and a contour graph of the stress intensity isolines in the interval (-1.0 MPa, 23.0 MPa), a vector graph of the distribution of stress intensity gradients in the interval (0.203 MPa, 486.406 MPa). It is noteworthy that, according to modeling in the «deflection» mode, the mass of the middle layer continues to rise (η from -0.04 to -0.06) in the center of the convection cell (ξ from 0.3 to 0.4)

конусы, грабены, вулканотектонические впадины и мелкие депрессии рифтов и локальных разломов. Они как бы «нанизаны» на регматическую сеть разломов Японского моря [4]. Выделяются локальные и групповые вулканические постройки, расположенные на разных гипсометрических уровнях (от 2000 до 800 м). Для них характерны такие элементы, как кратеры, кальдеры проседания, кольцевой вал, секторный грабен и пр. Наиболее крупные из вулканоструктур развивались в зонах трансрегиональных линеаментов и на их пересечениях. К ним относятся рифтовые котловины Японского моря, где в форме коротких хребтов, отдельных гор или поднятий также обособляются структуры вулканических построек. Вулканоструктуры часто накладываются на ранее сформировавшиеся вулканические комплексы, в том числе на фрагменты Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса.

Что касается впервые выявленного нами на основе линеаментного анализа Нижнеамурского литосферного вихря (рис. 3), то он чётко проявляется в рельефе. Во-первых, с востока он ограничен хребтом Сихотэ-Алинь северо-восточного простирания, который на севере и на юге разворачивается в широтном направлении. Во-вторых, на западе его границей служат дугообразные хребты Буреинский и Турана, обращённые выпуклостью на СЗ. В-третьих, центральная часть этой структуры представлена крупной мезо-кайнозойской межгорной впадиной. Судя по тому, что в строении Нижнеамурского вихря участвуют Западно- и Восточно-Сихотэ-Алинские вулканические пояса и одновозрастные с ними линейные вулканогенные зоны [10, 45], формирование этой структуры началось в позднем кембрии, а закончилось в кайнозое, когда в Япономорском регионе в процес-

се гималайского тектогенеза активно проявился базальтовый вулканизм и произошло раскрытие Японского моря [30]. Нижнеамурский вихрь в своём ЮЗ окончании сочленяется с известной нефтегазоносной впадиной Сунляо, что позволяет рассматривать его как возможно перспективную структуру в отношении углеводородного сырья [30, 34].

Развитие Япономорского и Нижнеамурского литоциклонов обусловлено, вероятно, функционированием глобального Индо-Тихоокеанского энергетического вихря, выделенного А.Н. Дмитриевским с соавторами (1993) на западной окраине Тихого океана. Формирование циклональных движений в литосфере вызывает подъем и радиальные тектонические течения вязких масс тектоносферы, что приводит к деформации и реструктуризации земной коры региона [11, 55]. По геологическим данным, они развивались в периоды: 1) поздний кембрий – кайнозой (Нижнеамурский вихрь) и 2) 30–23 млн лет, 16–13 млн лет (Япономорский вихрь). Последний этап, видимо, стал определяющим для формирования морфоструктуры морской впадины [23] на границе геоблоков Евразии (Амурского и Хуанхэ) и северо-западного геоблока Тихого океана (рис. 2).

Вероятно, «восходящие» тектоносферные воронки являются структурами растяжения – в них «засасываются» и выводятся на поверхность мантийные массы. В «нисходящих» воронках, напротив, происходит сжатие – скручивание и нагнетание корового вещества, которое транспортируется в нижние слои литосферы [32, 55]. При этом в первом случае развивается преимущественно основной магматизм, а во втором – кислый. Нередко тектоносферные воронки обоих типов образуют пары, в которых происходит цир-

куляция коро-мантийного вещества – своего рода конвективные ячейки.

Не исключено, что литосферные вихри контролируют алмазоносные кимберлитовые трубки. Об этом свидетельствуют данные Л. Шевалье (1997), который связывает образование вихревых структур с движениями турбулентных потоков мантийного вещества. С изложенных нами позиций этот факт может быть объяснён наличием сверхвысоких давлений в ядре тектоносферной воронки, находящейся на рубеже перехода от сжатия к растяжению. Их происхождение, вероятно, связано с образованием всплывающих «магматических пузырей» – плюмов, магматических колонн и т.п.

В Япономорской впадине нами выделена [14, 16] потенциально алмазоносная неоген-четвертичная щелочно-базальтоидная формация, включающая жерловые фации базальтоидов с глубинными ксенолитами гипербазитов. Эксплозивные тела щелочных базальтов входят в большое семейство нетрадиционных коренных проявлений алмазов. Проявление диапиризма при становлении данной структуры обуславливает формирование трубок взрыва и вынос из мантии по этим каналам алмазов, а вращательные движения – «затягивание» их в ослабленные подвижные вихревые зоны.

Заключение

Выбранное направление исследований по проблеме соотношения горизонтальных и вертикальных тектонических движений в целом, несомненно, является перспективным, поскольку позволяет исследовать фундаментальные вопросы геотектоники с новых позиций, что позволило авторам сделать следующие выводы.

1. Все тектонические дислокации содержат как горизонтальные, так и вертикальные компоненты скорости движения. Эти движения сопровождаются возникновением пространственных, временных и пространственно-временных диссипативных структур. В различных геологических процессах могут господствовать те или иные тектонические напряжения и, в зависимости от этого, формироваться соответствующие движения и провоцируемые ими структуры.

2. Конечным результатом тектонической эволюции рассматриваемого региона служат вихревые и прочие нелинейные деформации литосферы. Они часто сопровождаются тектономагматической активизацией в форме конвективных потоков и/или «всплывания» плюмов, когда происходит энергетическое взаимодействие астенос-

ферной и нижней мантии с верхними оболочками Земли.

3. Крайинно-морские впадины западной Пацифики представляют собой воронки конвективных ячеек, которые в результате тектонического взаимодействия Евразийской и Тихоокеанской литосферных плит в условиях сдвига скоростей движения структурировались в форму литосферных вихрей.

4. Главные причины тектонических движений: а) ротационные (в том числе изменение скорости вращения Земли); б) сила тяжести (изостатическое выравнивание); в) космические (движение Земли по своей орбите, влияние Солнца и Луны); г) радиоактивный разогрев и тепло, возникающее при взаимодействии (трении друг о друга) тектоносфер, «всплывание» плюмов, конвекция.

5. Становление кольцевых структур и глубинных разломов связано с приливными волнами в литосфере (колебательные движения) – активизация мантии, мантийный диапиризм, вспучивание и растрескивание земной коры. При этом кольцевые и вихревые структуры, а также разломы фундамента отличаются высокой проницаемостью и часто являются магмоконтролирующими и рудоносными. К мегаструктурам кольцевого типа относится и сама впадина Тихого океана, ограниченная зонами кольцевых и дуговых глубинных разломов. Судя по характерному рисунку тектонических линий, эта мегаструктура несёт черты вихревых образований.

Изложенные представления позволяют рассматривать тектоническую эволюцию Западно-Тихоокеанского региона как формирование серии литосферных вихрей в зоне сочленения континент – океан, что обусловлено неустойчивым режимом ротационной динамики геосфер Земли.

Работа выполнена по программе фундаментальных научных исследований ТОИ ДВО РАН (№ 121021700342-9, 121021500055-0, 121021500053-6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин В.М. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. СПб.: Недра, 2006. 161 с.
2. Безверхний В.Л., Осипова Е.Б. О возможном механизме инверсии вертикальных движений литосферы тыловодужных бассейнов западно-тихоокеанского региона // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28, № 2. С. 27–35.
3. Берсенев И.И. Осевое вращение Земли как одна из причин геотектогенеза // Строение

- и развитие земной коры. М.: Наука, 1964. С. 194–200.
4. Берсенев И.И., Безверхний В.Л., Леликов Е.П. Строение и развитие дна Японского моря // Геодинамические исследования. № 11. М.: Межведомственный геофизический комитет АН СССР, 1988. С. 60–67.
 5. Вихри в геологических процессах / ред. А.В. Викулин. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатского гос. пед. ун-та, 2004. 297 с.
 6. Воронов П.С. Роль ротационных сил Земли в истории становления структуры её литосферы // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М.: Наука, 1993. С. 104–114.
 7. Дмитриевский А.Н., Володин И.А., Шипов Г.И. Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 154 с.
 8. Емельянова Т.А., Леликов Е.П. Вулканизм и происхождение Японского и Охотского морей как результат влияния Тихоокеанского суперплюма // ДАН. 2014. Т. 456, № 2. С. 181–183.
 9. Изосов Л.А. Палеотектонические и металлогенические реконструкции Япономорской зоны перехода континент – океан // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, № 2. С. 13–21.
 10. Изосов Л.А., Коновалов Ю.И. Западно-Сихотэ-Алинский окраинно-континентальный вулканический пояс и его тектоническая позиция в Западно-Тихоокеанской зоне перехода континент – океан. Владивосток: Дальнаука, 2005. 315 с.
 11. Изосов Л.А., Ли Н.С. Линеаментный анализ при тектонических и металлогенических построениях в Япономорском регионе // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, № 1. С. 9–14.
 12. Изосов Л.А., Рязанцева М.Д. Палеозойские магматические комплексы юга Ханкайского массива // Советская геология. 1977. № 2. С. 77–90.
 13. Изосов Л.А., Чупрынин В.И. О механизме формирования структур центрального типа Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент – океан // Геотектоника. 2012. № 3. С. 70–91.
 14. Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Ли Н.С. Проблемы алмазности Япономорской сейсмоактивной вихревой структуры // Вестник ДВО РАН. 2018. № 6. С. 43–51.
 15. Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Ли Н.С. Ротационные процессы в эволюции Тихого океана: асимметрия и переходные зоны Пацифики // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2018. № 2. С. 45–57.
 16. Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Мельниченко Ю.И., Ли Н.С. Морфоструктурный анализ при решении геологических проблем востока Азии // Геоморфология. 2018. № 4. С. 3–17.
 17. Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Мельниченко Ю.И., Ли Н.С., Крамчанин К.Ю. Связь сейсмической активности с тектоническими и вулканоогенными структурами Япономорского звена Западно-Тихоокеанской мегазоны перехода континент – океан // Литосфера. 2014. № 6. С. 3–21.
 18. Казанский Б.А. Упорядоченность рельефа Тихоокеанской окраины Азии // Тихоокеанская геология. 1997. Т. 16, № 3. С. 29–33.
 19. Казанский Б.А. Ключевая роль Японского моря в системе дальневосточных морей // Геология Дальневосточных морей России и их обрамления: тез. докл. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2016. С. 35–37.
 20. Каттерфельд Г.Н. Лик Земли и его происхождение. М.: ГИГЛ, 1962. 152 с.
 21. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. М.: Недра, 1986. 144 с.
 22. Кинг Л. Морфология Земли. М.: Прогресс, 1967. 559 с.
 23. Красный Л.И. Глобальная система геоблоков. М.: Недра, 1984. 224 с.
 24. Куликов К.А. Вращение Земли. М.: Недра, 1985. 159 с.
 25. Лепешко В.В., Казанский Б.А., Мельниченко Ю.И. Парагенетическая интерпретация неотектоники азиатско-тихоокеанского сочленения // Физика геосфер: тр. девятого Всеросс. симпоз. Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 326–329.
 26. Ли Н.С. О связи землетрясений с глубинным строением Япономорского звена Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент – океан // Региональные проблемы. 2013. Т. 16, № 2. С. 25–29.
 27. Ли Сы-гуан. Вихревые и другие проблемы, относящиеся к сочетанию геотектонических систем северо-западного Китая. М.: Гостеолтехиздат, 1958. 131 с.
 28. Маслов Л.А. Геодинамика литосферы Тихоокеанского подвижного пояса. Хабаровск; Владивосток: Дальнаука, 1996. 200 с.
 29. Мелекесцев И.В. Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы её применения // Проблемы глубинного вулканизма. М.: Наука, 1979. С. 125–155.

30. Мельников Н.Г., Изосов Л.А. Кайнозойские тектонические покровы и перспективы угле-нефтегазоносности Приморья // Геотектоника. 1990. № 3. С. 80–87.
31. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
32. Осипова Е.Б. Моделирование процесса структурообразования в зонах дифференциации вещества тектоносферы // ГИАБ: Нефть и газ. М.: Горная книга, 2015. СВ 36. С.104–113.
33. Павловский Е.В. Ранние стадии развития земной коры // Известия АН СССР. Серия Геология. 1970. № 5. С. 23–39.
34. Перспективы нефтегазоносности Япономорской провинции / Г.Л. Кириллова, Л.А. Изосов, Е.П. Леликов и др. // Геология и полезные ископаемые шельфов России. М.: ГЕОС, 2002. С. 123–128.
35. Пушаровский Ю.М. Основные черты строения Тихоокеанского тектонического пояса // Геотектоника. 1965. № 6. С. 19–34.
36. Пушаровский Ю.М. О трёх парадигмах в геологии // Геотектоника. 1995. № 1. С. 4–11.
37. Рикитакэ Т. Геофизические и геологические данные о Японской островной дуге и её обрамлении // Окраины континентов и островные дуги. М.: Мир, 1970. С. 217–236.
38. Сигова К.И. Линеаменты разломных деформаций Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода // Вопросы морфотектоники Западно-Тихоокеанской переходной зоны. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 88–107.
39. Слензак О.И. Вихревые структуры литосферы и структуры докембрия. Киев: Наук. думка, 1972. 183 с.
40. Смирнов А.М. Сочленение Китайской платформы с Тихоокеанским складчатый поясом. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 157 с.
41. Тектоническая расслоенность литосферы / ред. А.В. Пейве. М.: Наука, 1980. 215 с. (Тр. ГИН АН СССР; вып. 343).
42. Уткин В.П. Восточно-Азиатская глобальная сдвиговая система, вулканический пояс и окраинные моря // ДАН СССР. 1978. Т. 240, № 2. С. 400–403.
43. Уфимцев Г.Ф. Черты порядка в глобальном рельефе Земли // Тихоокеанская геология. 1988. № 4. С. 105–113.
44. Филатьев В.П. Механизм формирования зоны перехода между Азиатским континентом и северо-западной Пацификой (с позиций ротационной тектоники). Владивосток: Дальнаука, 2005. 273 с.
45. Фремд Г.М. Орогенный вулканизм Южно-Джунгарского и Восточно-Сихотэ-Алинского поясов. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1972. 471 с.
46. Фундаментальные проблемы общей тектоники / отв. ред. Ю.М. Пушаровский. М.: Научный мир, 2001. 520 с.
47. Чупрынин В.И. Нелинейные явления в геосистемах. М.: Наука, 2008. 197 с.
48. Чупрынин В.И., Изосов Л.А. Модель формирования краевых морей Западной части Тихого океана // ДАН. 2017. Т. 472, № 1. С. 68–71.
49. Шевалье Л. Распределение и тектоника меловых кимберлитов Южной Африки: приложение для динамики мантии // Геология и геофизика. 1997. Т. 38, № 1. С. 477–485.
50. Шолпо В.Н. Структура Земли: упорядоченность или беспорядок? М.: Наука, 1986. 160 с.
51. Ehiro M. Origin and drift histories of some microcontinents distributed in eastern margin of Asian Continent // Earth Science. 2001. Vol. 55, N 2. P. 71–81.
52. Izosov L.A. Paleotectonics and paleometallogeny of Japan Sea continent – ocean Transitional zone // Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of the Active Continental Margins. Vladivostok: Dalnauka, 2004. P. 105–107.
53. Klimets M.P. Speculations the Mesozoic plate tectonic evolution of Eastern China // Tectonics. 1983. Vol. 2, N 2. P. 139–166.
54. Kojima S. Mesozoic Terrane accretion in North-East China, Sikhote-Alin and Japan regions // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 1989. N 69. P. 213–232.
55. Osipova E.B., Melnichenko Yu. I, S'edin V.T. Volcanotectonic Deformations and Japan Sea Basin Geodynamics // The 5th PEACE International Ocean Workshop. Sept. 11–12 2010. Gangneung. Korea: Gangneung-Wonju National University, 2010. P. 227–234.
56. Otofujii Y., Matsuda T. Paleomagnetic evidence for the clockwise rotation of Southwest Japan // Earth. Planet. Sci. Lett. 1983. Vol. 62, N 3. P. 349–359.
57. Takeuchi A. Pacific swing: Cenozoic episodicity of tectonism and volcanism in Northeastern Japan // Memoir of the Geol. Soc. of China. 1986. N 7. P. 233–248.
58. Xu Jiawei, Tong Weixing, Zhu Guang, Lin Shoufa, Ma Goufeng. An outline of the pre-Jurassic tectonic framework of East Asia // Journal of Southeast Asian Earth Sciences. 1989. Vol. 3, N 1–4. P. 29–45.

REFERENCES

1. Anokhin V.M. *Global'naya diz'yunktivnaya set' Zemli: stroenie, proiskhozhdenie i geologicheskoe znachenie* (The Earth's Global disjunctive Network: structure, origin and geological significance). Saint-Petersburg: Nedra Publ., 2006. 161 p. (In Russ.).
2. Bezverkhny V.L., Osipova E.B. A possible mechanism of inversion of lithosphere vertical movements within back-arc basins of the West Pacific region. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2009, vol. 28, no. 2, pp. 27–35. (In Russ.).
3. Bersenev I.I. Axial rotation of the Earth as one of the causes of geotectogenesis, in *Stroenie i razvitiye zemnoi kory* (Structure and development of the Earth's crust). Moscow: Nauka Publ., 1964, pp. 194–200. (In Russ.).
4. Bersenev I.I., Bezverkhny V.L., Lelikov E.P. Structure and development of the bottom of the Sea of Japan, in *Geodinamicheskie issledovaniya* (Geodynamic studies), no. 11. Moscow: Interdepartmental Geophysical Committee of the USSR Academy of Sciences, 1988, pp. 60–67. (In Russ.).
5. *Vikhri v geologicheskikh protsessakh* (Vortices in geological processes). Vikulin A.V., Ed. Petropavlovsk-kamchatsky: KamGPU, 2004. 297 p. (In Russ.).
6. Voronov P.S. The role of the Earth's rotational forces in the history of the formation of the structure of its lithosphere, in *Evolutsiya geologicheskikh protsessov v istorii Zemli* (Evolution of geological processes in the history of the Earth). Moscow: Nauka Publ., 1993, pp. 104–114. (In Russ.).
7. Dmitrievsky A.N., Volodin I.A., Shipov G.I. *Energostruktura Zemli i geodinamika* (The Earth's Energy Structure and Geodynamics). Moscow: Nauka Publ., 1993. 154 p. (In Russ.).
8. Emel'yanova T.A., Lelikov E.P. Volcanism and the Origin of the Sea of Japan and the Sea of Okhotsk as A Response to Development of the Pacific Superplume. *Doklady akademii nauk*, 2014, vol. 456, no. 2, pp. 181–183. (In Russ.).
9. Izosov L.A. Paleotectonic and metallogenic reconstructions of the Japan Sea Section of the West-Pacific Continent-Ocean transitional zone. *Regional'nye problemy*, 2014, no. 2, pp. 13–21. (In Russ.).
10. Izosov L.A., Konovalov Yu.I. *Zapadno-Sikhote-Alinskii okrainno-kontinental'nyi vulkanicheskii poiyas i ego tektonicheskaya pozitsiya v Zapadno-Tikhookeanskoi zone perekhoda kontinent – okean* (The Western Sikhote-Alin marginal continental volcanic belt and its tectonic position in the Western Pacific continent-Ocean transition Zone). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2005. 315 p. (In Russ.).
11. Izosov L.A., Lee N.S. Lineament analysis in tectonic and metallogenic investigations in The Sea of Japan Region. *Regional'nye problemy*, 2014, vol. 17, no. 1, pp. 9–14. (In Russ.).
12. Izosov L.A., Ryazantseva M.D. Paleozoic magmatic complexes in the south of the Khankai massif. *Sovetskaya geologiya*, 1977, no. 2, pp. 77–90. (In Russ.).
13. Izosov L.A., Chuprynin V.I. Formation mechanism of Central-Type structures in the West Pacific Continent-Ocean transition zone. *Geotektonika*, 2012, no. 3, pp. 70–91. (In Russ.).
14. Izosov L.A., Chuprynin V.I., Lee N.S. The problems of diamond potential of the Sea of Japan seismically active vortex structure. *Vestnik DVO RAN*, 2018, no. 6, pp. 43–51. (In Russ.).
15. Izosov L.A., Chuprynin V.I., Lee N.S. Rotational processes in the evolution of the Pacific Ocean: asymmetry and transition zones of the Pacific. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN*, 2018, no. 2, pp. 45–57. (In Russ.).
16. Izosov L.A., Chuprynin V.I., Melnichenko Yu.I., Lee N.S. Morphostructural analysis in solving geological problems of Eastern Part of Asia. *Geomorfologiya*, 2018, no. 4, pp. 3–17. (In Russ.).
17. Izosov L.A., Chuprynin V.I., Melnichenko Yu.I., Lee N.S., Kramchanin K.Yu., Ogorodny A.A. Geological, geomorphological and geophysical factors of control Japan Sea Link seismic active zones in the West-Pacific continent–ocean transitional megazone. *Litosfera*, 2014, no. 6, pp. 3–21. (In Russ.).
18. Kazansky B.A. Relief regularity of the Pacific margin of Asia. *Tikhookeanskaya geologiya*, 1997, vol. 16, no. 3, pp. 29–33. (In Russ.).
19. Kazansky B.A. The key role of the Sea of Japan in the system of the Far Eastern seas, in *Geologiya Dal'nevostochnykh morei Rossii i ikh obramleniya: tez dokl.* (Geology of the Russian Far Eastern Seas and their framing). Vladivostok: POI FEB RAS, 2016, pp. 35–37. (In Russ.).
20. Katterfel'd G.N. *Lik Zemli i ego proiskhozhdenie* (The Face of the Earth and its origin). Moscow: GIGL Publ., 1962. 152 p. (In Russ.).
21. Kats Ya.G., Poletaev A.I., Rummyantseva E.F. *Osnovy lineamentnoi tektoniki* (Fundamentals of lineament tectonics). Moscow: Nedra Publ., 1986. 144 p. (In Russ.).

22. King L. *Morfologiya Zemli* (Earth Morphology). Moscow: Progress Publ., 1967. 559 p. (In Russ.).
23. Krasnyi L.I. *Global'naya sistema geoblokov* (Global geoblock system). Moscow: Nedra Publ., 1984. 224 p. (In Russ.).
24. Kulikov K.A. *Vrashchenie Zemli* (Earth's Rotation). Moscow: Nedra Publ., 1985. 159 p. (In Russ.).
25. Lepeshko V.V., Kazansky B.A., Melnichenko Yu.I. Paragenetic interpretation of the neotectonics of the Asia-Pacific junction, in *Fizika geosfer*: tr. devyatogo Vseross. simpoz. (Physics of geospheres). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2015, pp. 326–329. (In Russ.).
26. Lee N.S. On Interdependence Between Earthquakes and the Japan Sea Section of the West-Pacific Continent-Ocean transitional zone. *Regional'nye problemy*. 2013, vol. 16, no. 2, pp. 25–29. (In Russ.).
27. Li Sy-guan *Vikhrevye i drugie problemy, otnosyashchiesya k sochetaniyu geotektonicheskikh sistem severo-zapadnogo Kitaya* (Vortex and other problems related to the combination of geotectonic systems of Northwest China). Moscow: Gosgeoltekhizdat Publ., 1958. 131 p. (In Russ.).
28. Maslov L.A. *Geodinamika litosfery Tikhookeanskogo podvizhnogo poyasa* (Geodynamics of the Pacific Mobile Belt lithosphere). Khabarovsk; Vladivostok: Dal'nauka Publ., 1996. 200 p. (In Russ.).
29. Melekestsev I.V. The vortex volcanic hypothesis and some prospects for its application, in *Problemy glubinnogo vulkanizma* (Problems of deep volcanism). Moscow: Nauka Publ., 1979, pp. 125–155. (In Russ.).
30. Melnikov N.G., Izosov L.A. Cenozoic tectonic covers and prospects of coal-and-oil-and-gas potential of Primorye. *Geotektonika*, 1990, no. 3, pp. 80–87. (In Russ.).
31. Nikolis G., Prigozhin I. *Samoorganizatsiya v neravnovesnykh sistemakh* (Self-organization in non-equilibrium systems). Moscow: Mir Publ., 1979. 512 p. (In Russ.).
32. Osipova E.B. Modeling the process of structure formation in the zones of differentiation of the tectonosphere matter, in *GIAB: Neft' i gaz* (GIAB: Oil and Gas). Moscow: Gornaya kniga Publ., 2015, no. 36, pp. 104–113. (In Russ.).
33. Pavlovskii E.V. Early stages of the development of the earth's crust. *Izvestiya AN SSSR. Seriya Geologiya*, 1970, no. 5, pp. 23–39. (In Russ.).
34. Prospects for the oil and gas potential of the Japan Sea province. G.L. Kirillova, L.A. Izosov, E.P. Lelikov i dr. in *Geologiya i poleznye iskopayemye shel'fov Rossii* (Geology and mineral resources of the Russian shelf areas). Moscow: GEOS Publ., 2002, pp. 123–128. (In Russ.).
35. Pushcharovskii Yu.M. The main features of the structure of the Pacific tectonic belt. *Geotektonika*, 1965, no. 6, pp. 19–34. (In Russ.).
36. Pushcharovskii Yu.M. Three paradigms in geology. *Geotektonika*, 1995, no. 1, pp. 4–11. (In Russ.).
37. Rikitake T. Geophysical and Geological Data on the Japanese Island Arc and Its Framing, in *Okrainy kontinentov i ostrovnnye dugi* (Outskirts of continents and island arcs). Moscow: Mir Publ., 1970, pp. 217–236. (In Russ.).
38. Sigova K.I. Lineamenty razlomnykh deformacij Aziatsko-Tihookeanskoj zony perekhoda, in *Voprosy morfotektoniki Zapadno-Tihookeanskoj perekhodnoi zony* (Questions of morphotectonics of the West Pacific transition zone). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 1999, pp. 88–107. (In Russ.).
39. Slenzak O.I. *Vihrevye struktury litosfery i struktury dokembriya* (Vortex structures of the lithosphere and structures of the Precambrian). Kiev: Nauk. Dumka Publ., 1972. 183 p. (In Russ.).
40. Smirnov A.M. *Sochlenenie Kitaiskoj platformy s Tikhookeanskim skladchatym poyasom* (Articulation of the Chinese platform with the Pacific Fold Belt). Moscow: Academy of Sciences of the USSR, 1963. 157 p. (In Russ.).
41. *Tektonicheskaya rassloennost' litosfery* (Tectonic stratification of the lithosphere). Peive A.V., Ed. Moscow: Nauka Publ., 1980. 215 p. (Tr. GIN AN SSSR; no. 343). (In Russ.).
42. Utkin V.P. East Asian Global Shear System, volcanic belt, and marginal seas. *DAN SSSR*, 1978, vol. 240, no. 2, pp. 400–403. (In Russ.).
43. Ufimtsev G.F. Features of order in the Earth's global relief. *Tikhookeanskaya geologiya*, 1988, no. 4, pp. 105–113. (In Russ.).
44. Filat'ev V.P. *Mekhanizm formirovaniya zony perekhoda mezhdu Aziatskim kontinentom i severo-zapadnoi Patsifikoi (s pozitsii rotatsionnoi tektoniki)* (The Mechanism of Forming the Transitional zone between the asian continent and North-West Pacific (from the perspective of rotational tectonics)). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2005. 273 p. (In Russ.).
45. Fremd G.M. *Orogennyi vulkanizm Yuzhno-Dzhungarskogo i Vostochno-Sikhote-Alinskogo poyasov* (Orogenic volcanism of the South-Dzungarian and East-Sikhote-Alin belts). Tomsk: TSU, 1972. 471 p. (In Russ.).

46. *Fundamental'nye problemy obshchei tektoniki* (Fundamental problems of general tectonic). Pushcharovskii Yu.M., Ed. Moscow: Nauchnyi mir Publ., 2001. 520 p. (In Russ.).
47. Chuprynin V.I. *Nelineinye yavleniya v geosistemakh* (Nonlinear phenomena in geosystems). Moscow: Nauka Publ, 2008. 197 p. (In Russ.).
48. Chuprynin V.I., Izosov L.A. Model of the formation of Marginal Seas in the Western Pacific ocean. *DAN*, 2017, vol. 472, no. 1, pp. 68–71. (In Russ.).
49. Sheval'e L. Distribution and tectonics of the Cretaceous kimberlites of South Africa: an application for mantle dynamics. *Geologiya i geofizika*, 1997, vol. 38, no. 1, pp. 477–485. (In Russ.).
50. Sholpo V.N. *Struktura Zemli: uporyadochennost' ili besporyadok?* (The structure of the Earth: order or disorder?). Moscow: Nauka Publ., 1986. 160 p. (In Russ.).
51. Ehiro M. Origin and drift histories of some microcontinents distributed in eastern margin of Asian Continent. *Earth Science*, 2001, vol. 55, no. 2, pp. 71–81.
52. Izosov L.A. Paleotectonics and paleometallogeny of Japan Sea continent – ocean Transitional zone, in *Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of the Active Continental Margins*. Vladivostok: Dalnauka Publ., 2004, pp. 105–107.
53. Klimets M.P. Speculations the Mesozoic plate tectonic evolution of Eastern China. *Tectonics*, 1983, vol. 2, no. 2, pp. 139–166.
54. Kojima S. Mesozoic Terrane accretion in North-East China, Sikhote-Alin and Japan regions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1989, no. 69, pp. 213–232.
55. Osipova E.B., Melnichenko Yu. I., S'edin V.T. Volcanotectonic Deformations and Japan Sea Basin Geodynamics, in *The 5th PEACE International Ocean Workshop*. Sept. 11–12 2010. Gangneung. Korea: Gangneung-Wonju National University, 2010, pp. 227–234.
56. Otofujii Y., Matsuda T. Paleomagnetic evidence for the clockwise rotation of Southwest Japan. *Earth. Planet. Sci. Lett*, 1983, vol. 62, no. 3, pp. 349–359.
57. Takeuchi A. Pacific swing: Cenozoic episodicity of tectonism and volcanism in Northeastern Japan. *Memoir of the Geol. Soc. of China*, 1986, no. 7, pp. 233–248.
58. Xu Jiawei, Tong Weixing, Zhu Guang, Lin Shoufa, Ma Goufeng. An outline of the pre-Jurassic tectonic framework of East Asia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 1989, vol. 3, no. 1–4, pp. 29–45.

TECTONIC EVOLUTION OF THE WEST-PACIFIC REGION: FORMATION OF LITHOSPHERIC VORTEXES

L.A. Izosov, Yu.I. Melnichenko, V.I. Chuprynin, N.S. Lee, B.A. Kasanskiy,
T.A. Emelyanova, V.V. Lepeshko, E.B. Osipova

Using the example of the West Pacific Segment of the Earth, the interrelation of vertical and horizontal tectonic movements is considered – the most important and far from being solved at present problem of geotectonics. An overview of the concept of the global ordering of various forms of the earth's surface as an end result of the action of geodynamic forces is given. The author's developments concern the issues of the origin of structures associated with the interaction and influence of endogenous forces on the formation of a regional relief. The main tools for its study were structural-geomorphological methods and lineament analysis. It has been established that: 1) all tectonic dislocations contain both horizontal and vertical components of the velocity of movement, and the former dominate in the structure formation of the region; 2) the end result of their interaction is vortex and other nonlinear (ring, spiral, arc, etc.) deformations of the lithosphere, which constitute the main type of structural elements of the region; 3) they are often accompanied by magmatic activation of the tectonosphere in the form of convective movements and / or «floating» of plumes; 4) the sea and oceanic depressions of the Western Pacific are, in essence, funnels of convective cells, which, under the conditions of shear velocities of the movement of interacting geoblocks of the lithosphere, were structured into the form of tectonospheric eddies. A model of convection of a three-layer tectonosphere is proposed, the movement of which in the gravity field is caused by local decompaction and a decrease in the viscosity of a piecewise inhomogeneous medium. The outlined concepts allow us to consider the tectonic evolution of the West Pacific region as the formation of a lithospheric mega-vortex in the continent-ocean junction zone. Its development is associated with the energy interaction of the mantle and the upper shells (tectonospheres) of the Earth, which is due to the unstable regime of the planet's rotational dynamics.

Keywords: continent – ocean transition zone, the Earth rotation, faults of basement, rifts, lithospheric vortexes, ring structures.

Reference: Izosov L.A., Melnichenko Yu.I., Chuprynin V.I., Lee N.S., Kasanskiy B.A., Emelyanova T.A., Lepeshko V.V., Osipova E.B. Tectonic evolution of the West-Pacific region: formation of lithospheric vortexes. *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 10–25. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-1-10-25.

УДК 553.411(571.6)

К ВОПРОСУ О ЗОЛОТОНОСНОСТИ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ
УЧАСТКА РЫБАЧИЙ (ЗАПАДНЫЙ СИХОТЭ-АЛИНЬ)

Е.В. Нига́й

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН,
Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000,
e-mail: helenvn54@gmail.com

Автором затронута проблема оценки золотоносности дочетвертичных кор выветривания, широко распространенных в предгорьях сводово-глыбовых геоморфоструктур Амурской области, Хабаровского края и Приморского края, по обрамлению крупных и средних по размерам кайнозойских впадин и депрессий. Для более детального горно-геологического изучения и оценки золотоносности кор выветривания в качестве одного из таких объектов нами рекомендован участок Рыбачий (изучен не в полной мере), а в качестве перспективной – вся Мухенская площадь. Размещены эти участки в зоне сочленения восточного борта Среднеамурской впадины со складчатыми структурами Западно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса.

Приведены примеры крупных золоторудных месторождений формации кор выветривания с их кратким описанием (Олимпиадинское, Куранахское), а также краткое описание россыпных месторождений кор выветривания (подбазальтовой россыпи кл. Пасхальный, элювиально-аллювиальной россыпи руч. Болотистый). На перспективы золотоносности кор выветривания Мухенской площади на участке Рыбачий указывают многие признаки, выявленные в процессе поисковых работ ДВИМСа в 2002 г. Это повышенные содержания золота в илихах из линейно-площадной коры выветривания, а также и из непромышленных россыпей и россыпнепроявлений (от 0,01 до 4,0 г/т и выше); наличие зон дробления, брекчирования и вторичного окварцевания вблизи разрывных нарушений, большое количество позднемеловых даек среднего и кислого составов. Широкое распространение здесь получили зоны гидротермального изменения пород (окварцевание, хлоритизация, серицитизация, аргиллизация).

Ключевые слова: золотоносность, коры выветривания, Западно-Сихотэ-Алинский вулканогенный пояс, участок Рыбачий, Мухенская площадь, юг Дальнего Востока.

Образец цитирования: Нига́й Е.В. К вопросу о золотоносности кор выветривания участка Рыбачий (Западный Сихотэ-Алинь) // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 1. С. 26–33. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-1-26-33.

Целью наших исследований является привлечение внимания к оценке золотоносности месторождений формации кор выветривания на примере частично изученной линейно-площадной коры выветривания участка Рыбачий (Мухенская площадь, Западный Сихотэ-Алинь). Методы исследований: сбор, анализ и обработка фондовых материалов и опубликованных работ, в том числе Интернет-сайтов, составление карты кор выветривания и кадастра пунктов наличия кор выветривания (юг Дальнего Востока), геоморфоструктурный метод.

Состояние изученности вопроса

Изучением россыпей формации кор выветривания занимались такие известные исследователи российского Дальнего Востока, как Ю.А. Билибин [1, 2], Н.А. Шило [18], Г.П. Воларович [4],

С.С. Воскресенский [5], Н.М. Риндзюнская [16], Н.И. Орлова [15], А.П. Сорокин [17], В.Д. Мельников [9]. К примеру, Ю.А. Билибин, автор монографии «Основы геологии россыпей», обращал особое внимание на важную роль разломной тектоники в формировании рудной и россыпной золотоносности [1]. Н.А. Шило немаловажную роль в теории россыпеобразования отводил россыпеобразующим рудным формациям [18, 19]. С.С. Воскресенский в монографии «Геоморфология россыпей» посвятил целую главу описанию различных обстановок формирования долинных россыпей и их связи с коренными источниками [5].

В последние десятилетия внимание многих золотопромышленников обращено не только на комплексные золотосодержащие рудные объекты

(золото-серебро-полиметаллические, золото-меднопорфировые, золото-серебряные, золото-сурьмяные, золото-вольфрамовые, серебро-оловорудные золотосодержащие и др.), но и на экзогенные месторождения золота формации кор выветривания. Они характеризуются низкими, рядовыми и, очень редко, относительно высокими содержаниями золота, а также, как правило, большими объемами горной массы. Во второй половине прошлого века эти объекты были открыты в США, Канаде, Бразилии, Казахстане, России, Китае, Австралии, ЮАР и других странах мира. В России к ним можно отнести зоны выщелачивания и окисления таких объектов, как Олимпиадинское (Красноярский край), Куранахское и Лебединое (Республика Саха), зоны окисления месторождений Воронцовское и Гагарское (Урал), Покровское и Золотая Гора (Амурская область), сыпучий золотосодержащий песчано-щебнистый элювий в горнопроходческих канавах г. Дяппе – по нашим наблюдениям (Хабаровский край) и др.

Месторождения, преобладающая доля промышленного золота в которых связана с синхронным образованием зон гидратации, окисления и выщелачивания мощной коры выветривания, характеризуются на некоторых золоторудных месторождениях уникальными показателями. Например, разведанные запасы Олимпиадинского месторождения (Красноярский край), где добыча глинистых золотосодержащих руд производится в карьере глубиной 450 м, составляли 650 т золота (по другим данным 470 т), со средним содержанием его по месторождению 4,1 г/т. Месторождение представлено тремя рудными телами на западном участке и одним рудным телом на восточном. Пробность золота в окисленных рудах составляет 960, в первичных рудах – от 910 до 997 [3]. Мощность коры выветривания на восточном участке 300 м и более (линейная кора выветривания), на западном – 30 м (линейно-площадная кора выветривания) [11]. Окисленная минерализация локализована в линейных зонах выветривания, контролируемых тектоническими зонами. Мощность зон достигает 400 м в глубину. Окисленная минерализация на 65–80% состоит из рыхлой глинистой фракции. Остальную часть составляют первичные золотосульфидные руды, в которых 50% золота находится преимущественно в сульфидах железа и сурьмы – пирите, арсенопирите, пирротине и антимоните. Основные золотосодержащие минералы представлены кварцем и глинистыми минералами гидрослюдистых кор выветривания. Рудные минералы содержат железо, марганец, су-

рью, серебро (до 2 г/т), вольфрам [3]. Окисленные руды кор выветривания состояли в основном из алевритового (глинистого) материала. Золото кор выветривания неокатанное, в сростках с кварцем и гидроокислами железа и марганца, доля высвободившегося самородного золота – менее 30%. По добыче и производству золота в 2007–2016 гг. этот объект занимал первое место в России (порядка 25 т металла в год). Для добычи 1 т золотоносной руды из карьера месторождения на переработку вывозится почти 40 т породы. Однако извлечение золота из руд коры выветривания методами цианистого выщелачивания и бактериального окисления высокое и достигает 98% (среднее – 80%) [11].

Другой крупнейший золоторудный объект Республики Саха (Якутии) – Куранахский золоторудный узел, состоящий из 11 однотипных месторождений, из которых в 1990-е гг. было добыто свыше 240 т золота [10]. Он детально описан В.Г. Ветлужских с соавторами [6]. Месторождения куранахской группы представлены близповерхностными пологими залежами преимущественно рыхлых кварц-лимонит-гематитовых песчано-глинистых руд с неразложившимися остатками первичных золото-сульфидно-кварцевых образований. Мощность их измерялась от 3–5 до 9–18 м (достигая 25 м на залежах Боковая и Порфировая). Низкие и, реже, рядовые содержания мелкого и тонкодисперсного золота составляли по месторождениям Куранахской группы в среднем от 2,3 до 3,7 г/т (на одном из них – 17 г/т) [6]. Золотоносные залежи и линзы зоны окисления кор выветривания наблюдались преимущественно в пластообразных карстовых полостях, перекрытых небольшим слоем делювия. Зоны структурного элювия на месторождении представлены разновозрастными осадочными породами, породами раннеюрскими песчаниками, конгломератами, кембрийскими доломитизированными известняками. Они залегают на кристаллическом гранитогнейсовом архейском фундаменте. Наиболее золотоносными были разложившиеся и полуразложившиеся раннеюрские осадочные породы, в которых рудные линзы и полости представляли собой как щебнисто-глинистый элювий – золотоносные глины с брекчиями известняков, так и залежи кварц-гематит-лимонитовых руд, по [6]. Месторождения Куранахской группы относят к карлинскому или невадийскому типу (по аналогии с месторождением Карлин, США).

Немаловажное значение для поисков экзогенных месторождений формации кор выветривания имеют геолого-геоморфологические данные

по площадям-аналогам, близкие или идентичные по обстановке формирования объектам, которые нас интересуют. Таким близким аналогом является элювиально-аллювиальная россыпь руч. Болотистый. Россыпь руч. Болотистый находится в Сооли-Тормасинском золотороссыпном узле, в 80 км к северо-востоку от Мухенской площади и в непосредственной близости от Центрального Сихотэ-Алинского разлома. Уникальная по богатству россыпь к настоящему времени фактически отработана, к 2009 г. было добыто свыше 12,5 т золота [7]. Золото в ней характеризовалось преобладанием крупных размеров фракций (более 60%), преимущественно высокими содержаниями и часто в сростках с кварцем. Накопление золота в миоценовой коре выветривания происходило за счет разрушения зон золоторудной минерализации, ассоциирующей с полуразрушенной эоценовой интрузией габбродиоритов, прорывающих раннемеловую хемскую свиту. Месторождение сформировалось за счет перемива больших масс золотоносного элювия, теснейшим образом связанного с золотокварцевыми жилами рудопроявления с одноименным названием (рудопроявление Болотистый). Накопление золота в раннемиоценовых корах выветривания, вдоль зон повышенной трещиноватости горных пород и разгрузки подземных вод, происходило за счет разрушения золотокварцевых малосульфидных руд (золото-висмут-теллуровая минерализация по [7, 8]). В доголоценовый период была перекрыта неоплейстоценовыми обломочными отложениями, образовавшимися в большей мере от вскрытия и разрушения габбродиоритовой интрузии. В голоцене произошло вскрытие и переотложение рыхлого золотосодержащего материала и формирование уникальной россыпи в эрозионном окне среди базальтов острогорской свиты.

И еще один пример небольшой промышленной подбазальтовой россыпи формации кор выветривания в верховьях кл. Пасхальный или Игоревский (Малый Хинган). Она была выявлена в 1946–1947 гг. и обрабатывалась штольнями [17]. Сохранялась в законсервированном состоянии благодаря покрову базальтов мощностью 15–20 м [3]. Содержания золота на золотоносный пласт мощностью 2,0 м составляли в среднем 3,0 г/м³ [17]. Мощность рыхлых отложений, в нижних частях представленных золотоносной корой выветривания, составляет 7–8 м [4]. Рыхлые отложения представлены галечником с белесым песчано-глинистым цементом и относятся к отложениям сазанковской свиты с выявленными

признаками золотоносности (россыпепроявлениями) [17].

Обсуждение результатов работ

Проведенные нами работы по составлению карты разновозрастных кор выветривания юга Дальнего Востока и кадастра выявленных пунктов, их локализации с отбором проб на определение минералогического состава и возраста позволили сделать выводы об их широком распространении в южной части Дальнего Востока и их важной роли в формировании экзогенных месторождений полезных ископаемых [14]. Были установлены дочетвертичные эпохи корообразования, происходившие синхронно с деструкцией и выравниванием крупных геоморфоструктур юга Дальнего Востока. Важнейшими из них явились наиболее поздние эпохи корообразования: палеоценовая, эоцен-олигоценная, раннемиоценовая, позднемиоценовая и плиоцен-эоплейстоценовая. Они представлены смешанными минеральными типами: гидрослюдисто-каолининовым, каолинино-монтмориллонитовым и гидрослюдисто-монтмориллонитовым, реже – каолининовым, нонтронитовым, бейделлитовым типами [12, 13].

В южной части Хабаровского края коры выветривания сохранились на слабонаклонных (пологих) поверхностях выравнивания низкорных массивов. Это предгорья Малого Хингана, Баджальской вулканоплутонической зоны, Западного и Восточного Сихотэ-Алиня, обрамляющие крупные кайнозойские депрессии (Чля-Орельскую, Чукчагирскую, Среднеамурскую, Удыль-Кизинскую) и молодые впадины средних размеров (Верхнеамгуньскую, Курскую, Хогдинскую, Эворонскую и др.). Отмечается наиболее хорошая сохранность площадных кор выветривания на слабонаклонных поверхностях выравнивания предгорных массивов 100–160, 180–200 и 400–440-метровых уровней, которые в геоморфологическом плане могут представлять собой как надпойменные террасы крупных рек, так и пологие водоразделы их притоков.

В предгорьях Западного Сихотэ-Алиня или Западно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса, сложенного преимущественно миоценовыми базальтами острогорского комплекса, перекрывающими большую часть осадочных и магматических образований, в зоне его сочленения с восточным обрамлением Среднеамурской впадины нами была выделена площадь, перспективная на выявление золотоносных кор выветривания линейно-площадного типа. Это Мухенская площадь. В ее западной части находится участок Рыбачий,

частично изученный в отношении наличия кор выветривания, с прямыми признаками рудоносности (работы КТЭ Дальгеологии 1978 г. и ДВИМСа 2002 г.). В северной части рекомендуемой площади размещаются одноименное мелкое месторождение бурых углей (Мухенское) и крупное промышленное месторождение подземных вод Пунчинское. В западной части площади в 1970-е гг. были открыты месторождения огнеупорных глин, представляющие собой каолиновую кору выветривания [7]. Рекомендуемая площадь имеет большое сходство с районом золотороссыпного месторождения руч. Болотистый.

Работы ДВИМСа в 2002 г. на участке Рыбачий, который находится на водоразделе р. Пунчи и руч. Рыбачий, подтвердили высказанные нами ранее рекомендации в отношении этой площади и привели к положительному результату: здесь была выявлена линейно-площадная кора выветривания (рис.). Она имеет следующие параметры: площадь 0,5x2,0 км², мощность рыхлых отложений составляет от 3,5 до 15 м по левому борту верхнего правого притока руч. Рыбачий. Максимальная насыщенность золоторудной минерализацией (это 6 рудных тел СВ простирания) наблюдается в зонах повышенной трещиноватости и интенсивного окварцевания СВ ориентировки (рис.) – в пределах площади развития кор выветривания по гранитам. Эти зоны, по всей вероятности, связаны с мелкими оперяющими разломами, ответвляющимися от более крупного. Отметим, что рассматриваемая нами площадь размещается вблизи глубинного Центрального Сихотэ-Алинского разлома.

На перспективы золотоносности кор выветривания Мухенской площади на участке Рыбачий указывают многие признаки, выявленные в процессе поисковых работ ДВИМСа 2002 г. В первую очередь это повышенные содержания золота в шлихах из линейно-площадной коры выветривания, а также и из непромышленных россыпей и россыпепроявлений (от 0,01 до 4,0 г/т и выше); наличие зон дробления, брекчирования и вторичного окварцевания вблизи разрывных нарушений, большое количество позднемеловых даек среднего и кислого составов (рис.). Во вторую очередь можно отметить, что широкое распространение здесь получили зоны гидротермального изменения пород (окварцевание, хлоритизация, серицитизация, аргиллизация) – см. рис.

При проведении работ по изучению линейно-площадной коры выветривания по раннемеловым гранитам хунгарийской серии в краевой части разрушенных эрозией покрова песчано-гли-

нисто-галечниковых отложений древней долины плиоцен-четвертичного возраста (рис.) было установлено, что накопление золота происходило в зоне гидратации и выщелачивания гидрослюдисто-монтмориллонитовой коры выветривания, на месте разрушенных золото-кварцевых жил рудопроявления Рыбачьего (рис.). Последующее переотложение рыхлого материала в днище долины левого притока, впадающего в руч. Рыбачий, привело к образованию небольшой россыпи длиной 600 м. Мощность ее золотоносных песков составляет 0,5–0,8 м. Средние содержания золота на золотоносный пласт россыпи промышленно интересные и в среднем составили, по нашим подсчетам, 2,7 г/м³. Эта россыпь непромышленного масштаба, но так же, как и другие прямые признаки рудоносности, указывает на перспективы обнаружения золотоносного элювия по ее бортам.

Укрупненный расчет объема V золотоносного элювия, вскрытого из-под неоген-четвертичных песчано-галечных отложений, по усредненным показателям длины $L=2,0$ км, ширины $h=0,5$ км и средней мощности золотоносного пласта $m=2$ м, следующий: $V = L \cdot h \cdot m = 500 \cdot 2000 \cdot 2 = 2 \cdot 10^6$ (м³). При среднем содержании металла в золотоносном пласте, равном 1,5 г/м³, прогнозные ресурсы слабоизученной категории запасов (P_3) составят порядка 3,0 т.

Отметим также, что плиоцен-четвертичные галечники, перекрывающие кору выветривания гранитов, в отношении золотоносности мало изучены и могут стать дополнительным объектом исследований. Их аналогом на Малом Хингане (Буреинский массив) является белогорская свита (плиоцен-эоплейстоцен), глинисто-песчано-галечные отложения которой на отдельных участках слабозолотоносны (до 100 мг/т).

С.Л. Штейнбергом (1978) в процессе геологической съемки масштаба 1:50 000 на водоразделе руч. Рыбачий и р. Пунчи (Мухенская площадь), где сохранилась кора выветривания по раннемеловым гранитам, установлены вторичные литогеохимические ореолы золота (0,01–0,2 г/т). Шлихи из глинисто-щебенистого материала содержали до 100–150 знаков мелкого золота. Шлихи из русловых отложений долин ручьев и малых рек участка Рыбачий также содержали знаки золота (практически все пробы).

В старых рудоносных районах, где наблюдались зоны развития золотоносных кор выветривания *in situ*, наиболее полно, по наблюдениям многих исследователей, в том числе нашим, сохраняются глинистые золотоносные коры вы-

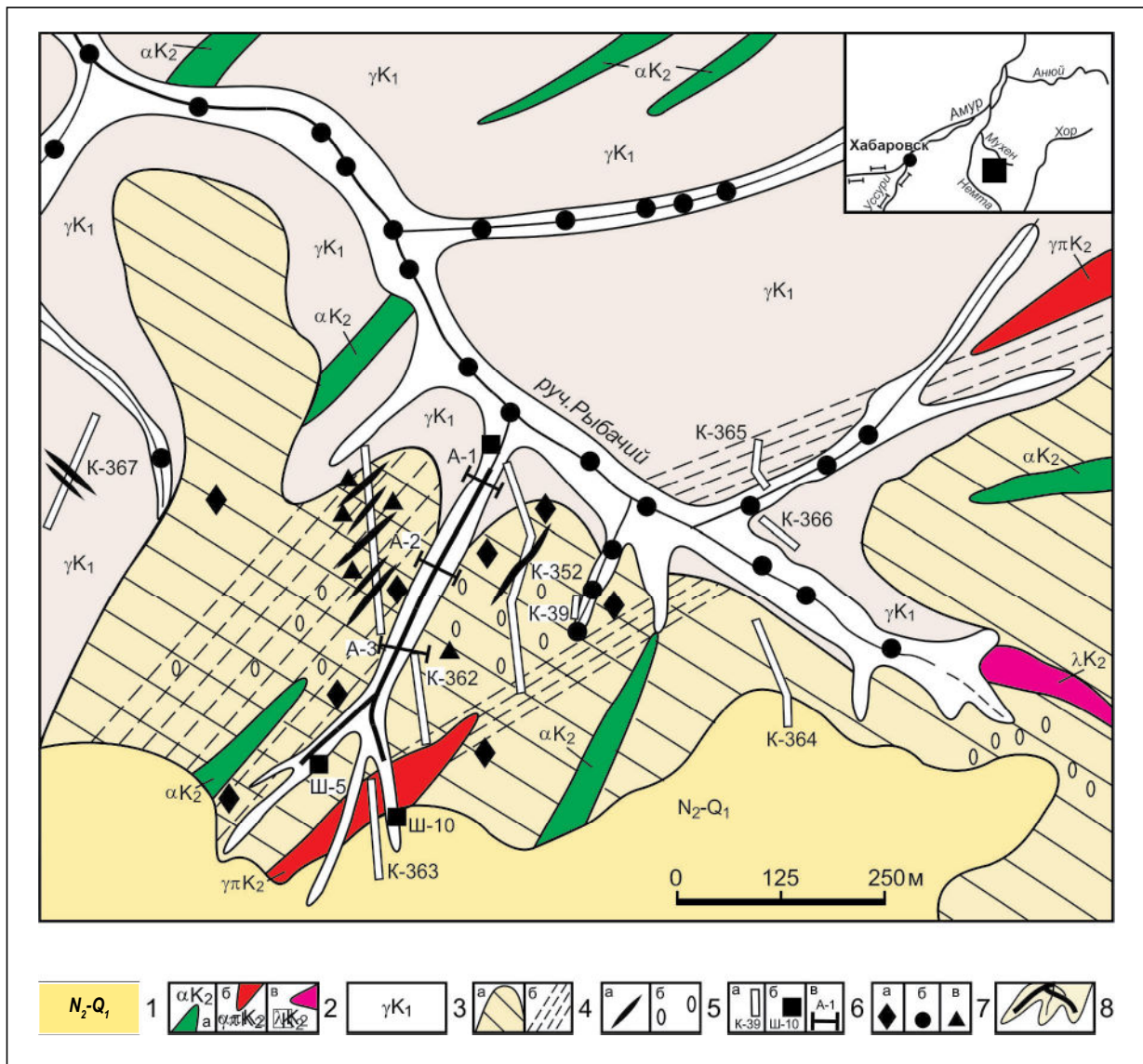


Рис. Схема геологической изученности участка Рыбачий (Мухенская площадь, Западный Сихотэ-Алинь). Используются неопубликованные данные С.Л. Штейнберга (1978), ДВИМСа (2002 г.).

1 – неоген-четвертичные отложения (галечники, пески, глины); 2 – дайки андезитов (а), гранит-порфиров (б), риолитов (в); 3 – раннемеловые граниты хунгарийской серии; 4 – кора выветривания по гранитам (а), зоны трещиноватости по гранитам (б); 5 – кварцевые жилы с золотом (а), зоны окварцевания (б); 6 – горные выработки: а – канавы, б – шурфы, в – линии шурфов; 7 – штуфы (а), шлихи (б), литогеохимические пробы с золотом (в); 8 – непромышленная россыпь.

На врезке участок Рыбачий показан черным квадратом

Fig. Schematic map of previous exploration at the Rybachy site (Mukhenskaya area, West Sikhote-Alin). The author has used the unpublished data by S.L. Steinberg (1978), as well as the data that is the property of DVIMS (2002).

1 – Neogene-Quaternary deposits (shingle, sand, clay); 2 – dikes of andesite (a), porphyry granite (b), rhyolite (c); 3 – Early Cretaceous granites of the Khungariisky Series; 4 – crust of weathering on granites (a), fracture zones on granites (b); 5 – quartz veins with gold (a), zones of silicification (b); 6 – surface workings: a – trenches, b – test pits, c – lines of test pits; 7 – rock chip samples (a), heavy mineral concentrates (b), soil samples with gold (c); 8 – non-commercial placer.

The inset map shows the Rybachy site as a black square

ветривания, чаще всего приуроченные к самому нижнему в профиле горизонту – структурному элювию [12, 13]. Отметим, что золотоносные пласты в долинной россыпи, по нашим наблюдениям, как правило, также прижаты к плотнику россыпи. В других случаях – это горизонты зоны гидратации, начального гидролиза и выщелачивания горных пород, преимущественно гидрослюдисто-каолинитового и гидрослюдисто-монтмориллонитового составов, т. е. обычно коры выветривания остаточного типа или неполного профиля [16].

Заключение

Таким образом, приведенные нами факты свидетельствуют о возможностях открытия новых нетрадиционных месторождений золота формации кор выветривания вдоль восточного борта Среднеамурской впадины, в предгорьях Западного Сихотэ-Алиня и в непосредственной близости от Центрального Сихотэ-Алинского разлома. Рекомендуется обратить особое внимание на участок Рыбачий и Мухенскую площадь. Для первого характерно наличие не только литогеохимических ореолов с повышенными содержаниями золота на площадях развития линейно-площадных кор выветривания, но и весового золота в шлихах из элювиальных рыхлых образований, обилие малых интрузий, даек и силлов, зон дробления, катаклаза и брекчирования, вторичного окварцевания, аргиллизации и др. свойства гидротермалитов.

При более детальном изучении других участков Мухенской площади, на которых также распространены ареалы кор выветривания более низких гипсометрических уровней (по сравнению с участком Рыбачий), перекрытые неоплейстоценовыми отложениями, возможно, подтвердится положительная оценка их перспективности на выявление золотоносных месторождений формации кор выветривания, в том числе промышленных. Изучение их на таких участках (по выкупленным лицензиям с правом ведения ГРП) должно быть выполнено сетью густых поисковых маршрутов с частым отбором шлиховых проб из элювия, вскрытого шурфами по бортам рек, проходкой канавами пологих участков водоразделов, размещаемых ниже участка руч. Рыбачий; бурением скважинами большого диаметра вкрест простирания линейно-площадных кор выветривания, промывкой большого, представительного количества валовых проб, расчетом массы золотоносного элювия по блокам.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Билибин Ю.А. Локализация золотоносности в связи с тектоникой Северо-Востока // Проблемы советской геологии. 1937. № 5–6. С. 419–427.
2. Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. М.: ГОНТИ, 1938. 495 с.
3. В поисках самородного золота. URL: <http://www.goldru.info> (дата обращения: 08.04.2021).
4. Воларович Г.П. Краткая характеристика типов россыпей золота южной части Дальнего Востока // Тр. ЦНИГРИ. Вып. 53. 1963. С. 3–27.
5. Воскресенский С.С. Геоморфология россыпей. М.: Изд-во МГУ, 1985. 205 с.
6. Геология золоторудных месторождений Востока СССР. М.: ЦНИГРИ, 1988. 264 с.
7. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист М-53 – Хабаровск. Объяснительная записка / А.Ф. Васькин, В.А. Дымович, А.Ф. Атрашенко, В.Б. Григорьев, В.Н. Зелепугин, Е.С. Опалихина, Л.А. Шаров, Л.Ю. Леонтьева; под ред. А.Ф. Васькина. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. 376 с.
8. Лотина А.А. Золото-висмут-теллуровая минерализация в коренных источниках и россыпях месторождения Болотистого (Хабаровский край): дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. Владивосток: ДВГИ, 2011. 124 с.
9. Мельников В.Д., Мельников А.В., Шестаков Б.И. Золотоносность кор выветривания Амурской области. Благовещенск: АмГУ, 2006. 116 с.
10. Металлогения Дальнего Востока России. Хабаровск: ДВИМС, 2000. 218 с.
11. Минералы России и стран ближнего зарубежья. URL: <http://www.webmineral.ru> (дата обращения: 08.04.2021).
12. Нигаев Е.В. Золотоносные коры выветривания Дальнего Востока, проблемы их комплексного изучения и освоения // Золото северного обрамления Тихоокеанского региона: тез. докл. горно-геологической конф. (II Междунар. горно-геологический форум, посвященный 110-летию со дня рождения Ю.А. Билибина). Магадан: СВК-НИИ ДВО РАН, 2011. С. 158–159.
13. Нигаев Е.В., Журнист В.И. О постановке геолого-геоморфологических работ по изучению и картированию кор выветривания Сутаро-Биджанского золотоносного района // Человеческое измерение в региональном развитии: тез. IV междунар. симпоз. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 1998. Ч.1. С. 96–97.

14. Нигай Е.В. Золотоносные коры выветривания восточного и северо-восточного обрамления Среднеамурской впадины (Хабаровский край) // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: X Косыгинские чтения: материалы Всерос. конф. с междунар. участием, 10–12 сентября 2019, г. Хабаровск / отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилов. Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2019. С. 195–197.
15. Орлова Н.И., Нечипасенко Е.Ю., Васильев Е.А., Дербек И.М. Анализ кор выветривания Амурской области в связи с прогнозной оценкой перспектив выявления золотых россыпей // Россыпные месторождения кор выветривания – объект инвестиций на современном этапе: тез. 10-го междунар. совещ. М.: ИГЕМ РАН, 1994. С. 154–156.
16. Риндзюнская Н.М., Берзон Р.О., Полякова Т.П., Матвеева Е.В. Геолого-генетические основы прогноза и поисков месторождений золота в корях выветривания. М.: ЦНИГРИ, 1995. 128 с.
17. Сорокин А.П., Глотов В.Д. Золотоносные структурно-вещественные ассоциации Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1997. 304 с.
18. Шило Н.А. Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1985. 400 с.
19. Шило Н.А. Учение о россыпях. М.: Изд-во Академии горных наук, 2000. 632 с.
1. Bilibin Yu.A. Localization of gold content in connection with the tectonics of the North-East. *Problemy sovetskoi geologii*, 1937, no 5–6, pp. 419–427. (in Russ.).
2. Bilibin Yu.A. *Osnovy geologii rossypei* (Fundamentals of placer geology). Moscow: GONTI Publ., 1938. 495 p. (in Russ.).
3. *V poiskakh samorodnogo zolota* (In search of native gold). Available at: <http://www.goldru.info> (accessed: 08.04.2021). (in Russ.).
4. Volarovich G.P. Brief description of the types of gold placers in the southern part of the Far East. *Tr. TsNIGRI*, 1963, no. 53, pp. 3–27. (in Russ.).
5. Voskresenskii S.S. *Geomorfologiya rossypei* (Geomorphology of placers). Moscow: Moscow State University, 1985. 205 p. (in Russ.).
6. *Geologiya zolotorudnykh mestorozhdenii Vostoka SSSR* (Geology of gold deposits in the East of the USSR). Moscow: TsNIGRI Publ, 1988. 264 p. (in Russ.).
7. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF* (State Geological Map of the Russian Federation): masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). List M-53 – Khabarovsk. Ob'yasnitel'naya zapiska / A.F. Vas'kin, V.A. Dymovich, A.F. Atrashenko, V.B. Grigor'ev, V.N. Zelepugin, E.S. Opalikhina, L.A. Sharov, L. Yu. Leont'eva; A.F. Vas'kina, Ed. Saint-Petersburg: Kartfabrika VSEGEI, 2009. 376 p. (in Russ.).
8. Lotina A.A. Gold-bismuth-telluric mineralization in the indigenous sources and placers of the Marshy deposit (Khabarovsk Krai). *Dissertation of cand. Sci. (geol.–mineral.)*. Vladivostok: FEGI, 2011. 124 p. (in Russ.).
9. Mel'nikov V.D., Mel'nikov A.V., Shestakov B.I. *Zolotonosnost' kor vyvetrivaniya Amurskoi oblasti* (Gold content of the Amur region weathering crust). Blagoveshchensk: AmSU, 2006. 116 p. (in Russ.).
10. *Metallogeniya Dal'nego Vostoka Rossii* (Metallogeny of the Russian Far East). Khabarovsk: Far Eastern Research Institute of Mineral Raw Materials, 2000. 218 p. (in Russ.).
11. *Mineraly Rossii i stran blizhnego zarubezh'ya* (Minerals of Russia and neighboring countries). Available at: <http://www.webmineral.ru> (accessed: 08.04.2021). (in Russ.).
12. Nigai E.V. Gold-bearing residual soils of the Far East, problems of their complex research and development, in *Zoloto severnogo obramleniya: Patsifika: tez. dokl. gorno-geologicheskoi konf. (2 Mezhdunar. gorno-geologicheskii forum, posvyashchennyi 110-letiyu so dnya rozhdeniya Yu.A. Bilibina)* (Gold of the North Pacific Rim). Magadan: NEISRI, 2011, pp.158–162. (in Russ.).
13. Nigai E.V., Zhurnist V.I. On the establishment of geological and geomorphological works on the study and mapping of the weathering crusts of the Sutar-Bijan gold-bearing area, in *Chelovecheskoe izmerenie v regional'nom razvitii: tez. IV mezhdunar. simpoz. (Human Aspects of Regional Development)*. Birobidzhan: CARPI FEB RAS, 1998, no.1, pp. 96-97. (in Russ.).
14. Nigai E.V. Gold-bearing weathering crusts of the eastern and north-eastern framing of the Sredneamurskaya Depression (Khabarovsk Krai), in *Tektonika, glubinnoe stroenie i minerageniya Vostoka Azii: X Kosyginские chteniya: materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem*. Didenko A.N., Manilov Yu.F., Ed. (Tectonics, deep structure and minerageny of East Asia: Contributions of the 10 All Russian Conference with foreign partici-

- pantsin memory of Academician Yu.A. Kosygin. Khabarovsk: Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics FEB RAS, 2019, pp. 195–197. (in Russ.).
15. Orlova N.I., Nechipasenko E.Yu., Vasil'ev E.A., Derbeko I.M. Analysis of the weathering crust of the Amur region in connection with the forecast assessment of the prospects for detecting gold placers, in *Rossypnye mestorozhdeniya kor vyvetrivaniya – ob'ekt investitsii na sovremennom etape: tez. 10-go mezhdunar. soveshch.* (Alluvial deposits of weathering crust – an object of investment at the present stage). Moscow: IGEI RAS, 1994, pp. 154–156. (in Russ.).
 16. Rindzyunskaya N.M., Berzon R.O., Polyakova T.P., Matveeva E.V. *Geologo-geneticheskie osnovy prognoza i poiskov mestorozhdenii zolota v korakh vyvetrivaniya* (Geological and genetic bases of forecasting and prospecting for gold deposits in weathering crusts). Moscow: TsNIGRI Publ., 1995. 128 p. (in Russ.).
 17. Sorokin A.P., Glotov V.D. *Zolotonosnye strukturno-veshchestvennye assotsiatsii Dal'nego Vostoka* (Gold-bearing structural-material associations of the Far East). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 1997. 304 p. (in Russ.).
 18. Shilo N.A. *Osnovy ucheniya o rossypyakh* (Fundamentals of the theory of placers). Moscow: Nauka Publ., 1985. 400 p. (in Russ.).
 19. Shilo N.A. *Uchenie o rossypyakh* (Teaching on placers deposits). Moscow: Akademiya gornykh nauk Publ., 2000. 632 p. (in Russ.).

ON THE GOLD MINERALIZATION IN WEATHERING CRUSTS OF THE RYBACHY SITE (WESTERN SIKHOTE-ALIN)

E.V. Nigai

The author addresses an issue of gold presence in pre-Quaternary crusts of weathering that are widespread in sub-mountain areas of the doming-block geomorphological structures of the Amur Region, the Khabarovsk and Primorsky Territories along the periphery of large- and medium-sized Cenozoic basins and depressions. For a more detailed mining and geological study and assessment of the gold content of the weathering crusts, we recommended the Rybachy site as one of these objects (insufficiently studied), and the entire Mukhenskaya area as a promising one. These sites are located in the zone of articulation of the eastern side of the Middle Amur Depression with the folded structures of the West Sikhote-Alinsky volcanic belt.

The author gives examples of large gold deposits, related to weathering crusts with their brief description (Olympiada, Kuranakh), as well as a brief description of alluvial deposits of weathering crust (sub-basalt cl. Paskhalny, an eluvial-alluvial placer of the Bolotisty Stream). The search work of the DVIMS (Far Eastern Institute of Mineral Raw Materials) in 2002 indicated the potential of weathering crusts within the Rybachy prospect for gold mineralization. This is supported by elevated gold in heavy mineral concentrates from the linear weathering crusts and residual blankets, as well as from non-commercial placers (from 0.01 to 4.0 g/t and higher); the occurrence of fracture zones, brecciation, secondary silicification close by fractures, and abundant Late Cretaceous silicic and intermediate dikes. Zones of hydrothermally altered rocks (silicification, chloritization, sericitization, argillization) are widespread here.

Keywords: gold mineralization, weathering crusts, West Sikhote-Alin volcanogenic belt, Rybachy prospect, Mukhenskaya area, southern Far East of Russia.

Reference: Nigai E.V. On the gold mineralization in weathering crusts of the Rybachy Site (Western Sikhote-Alin). *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 26–33. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-1-26-33.

ДЕМОГРАФИЯ

УДК: 314.7.044

НЕРЕГУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА В АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ МИГРАЦИИ

М.Ю. Хавинсон, А.Н. Колобов

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: havinson@list.ru, alex_0201@mail.ru

Статья посвящена моделированию динамики миграции на региональном уровне. В условиях перехода к постиндустриальному обществу миграция населения становится более динамичной, что требует совершенствования подходов к ее прогнозированию, значимым становится исследование личных стратегий выбора агентами времени миграции и принимающего региона. Наличие различных стратегий агентов приводит к появлению страт мигрантов с динамично изменяющейся численностью, неравномерно распределенной между принимающими регионами. В результате этого могут наблюдаться нелинейные колебания численности мигрантов, для исследования которых релевантен инструментарий имитационного моделирования.

Настоящее исследование посвящено изучению сложной динамики миграционных процессов методом агент-ориентированного моделирования. Моделирование основано на предположении о том, что мигрант при выборе региона руководствуется стратегией, характерной для его возрастной группы, что в итоге влияет на распределение численности мигрантов различных когорт и общую численность мигрантов в регионе. При этом стратегия определяется исходя из социально-экономических характеристик регионов: различного уровня экономической, социальной и экологической привлекательности.

Была выдвинута гипотеза о том, что различные стратегии миграционного поведения могут приводить к сложной динамике миграционных процессов. Для проверки гипотезы построена базовая агент-ориентированная модель миграции между тремя регионами, в которой учтены различные стратегии миграционного поведения агентов, включающие выбор региона с наибольшей экономической, социальной или экологической привлекательностью.

В результате численных экспериментов показано, что наличие различных стратегий выбора региона в совокупности с изменением возрастной структуры мигрантов приводит к периодическим и сложным режимам миграционной динамики. Найдены условия, при которых в модели возникает сложная динамика в кратко- и среднесрочном периодах.

Ключевые слова: миграция, агент-ориентированное моделирование, нерегулярная динамика, прогнозирование.

Образец цитирования: Хавинсон М.Ю., Колобов А.Н. Нерегулярная динамика в агент-ориентированной модели миграции // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 1. С. 34–39. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-1-34-39.

Введение

Миграционные процессы оказывают существенное влияние на многие сферы жизни общества, поэтому научно-практический интерес к анализу и прогнозированию механического движения населения не ослабевает до сих пор [1, 2, 5–7, 12]. Современный мир имеет беспрецедентно

развитые транспортную и информационную сети, способствующие мобильности населения и формированию новых особенностей миграции [9].

В своих работах по социодинамике В. Вайд-лих показал, что миграции между тремя и более регионами могут приводить к хаотической динамике и, как следствие, к значительному сокращению

горизонта прогноза численности мигрантов [15]. В. Вайдлих использовал для моделирования миграции системы дифференциальных уравнений, рассматривая миграцию как потоки, движущиеся по направлениям, заданным целевыми функциями. Современное моделирование обогатилось еще одним методом, позволяющим взглянуть на процессы не только с точки зрения потоков, но и с точки зрения участников. Этим методом является агент-ориентированное моделирование, в котором поведение каждого участника (агента) задается алгоритмом, позволяющим гибко комбинировать различные математические подходы и формализовывать широкий спектр особенностей поведения агентов [3, 4, 8, 14].

Для фундаментального исследования миграции через призму миграционного поведения нами была построена базовая агент-ориентированная модель [11]. Один из основных вопросов, ответ на который является полезным для прогнозирования, – могут ли относительно простые алгоритмы поведения агентов в совокупности формировать сложную миграционную динамику? В данном исследовании осуществлялся поиск ответа на этот вопрос.

Описание модели

В указанной модели рассмотрены шесть возрастных групп агентов: 16–23 года, 24–31 год, 32–39 лет, 40–47 лет, 48–55 лет, 56–63 года. На каждый возраст с шагом 1 год приходится по три агента, что составляет 144 агента. В результате численных экспериментов определено, что такая численность агентов достаточна для описания различных режимов динамики. У представителей каждой возрастной группы есть стратегия миграционного движения по регионам с целью максимизации одного из трех индексов привлекательности региона: экономического, социального или экологического. Выделение именно таких индексов соответствует общей практике моделирования миграции [1, 13]. Каждый регион оценен по трехбалльной шкале (А – наивысший класс, В – средний класс, С – низкий класс) для каждого индекса привлекательности. Оценки выбраны таким образом, чтобы каждый регион лидировал только по одному индексу. Рассмотрены шесть стратегий выбора региона, которые подразделяются на чистые и смешанные. Чистые стратегии заключаются в стремлении мигранта выбрать регион только с одним наивысшим индексом привлекательности. Смешанные стратегии заключаются в желании агента выбрать регион, максимально удовлетворяющий двум индексам привлекательности:

экономическому и социальному, экономическому и экологическому, экологическому и социальному. Перемещение мигрантов между регионами осуществляется через определенный промежуток времени исходя из выбора и реализации конкретной стратегии (в модели это 1, 2 года или 5 лет).

Численное исследование нерегулярной динамики в модели

В исследовании интерес представляло изменение возрастной структуры численности мигрантов и последующее изменение динамических режимов миграции вследствие реализации стратегий миграционного поведения. Так, если в модель ввести ограничение на миграцию некоторых возрастных групп, то наблюдается изменение баланса стратегий миграции, приводящее к сложной динамике. Например, при отсутствии миграции агентов 16–23 лет наблюдаются периодические колебания численности мигрантов в модельных регионах (рис. 1).

В проведенных численных экспериментах наблюдаются колебания с периодом 10 и более лет. Найдем для модели условия, при которых будут получены среднесрочные колебания.

В описанном выше алгоритме мы приняли то, что характеристики регионов с течением времени остаются неизменными. Изменим алгоритм таким образом, чтобы регионы дискретно меняли ранг характеристик. Выберем наиболее простое правило изменения характеристик: с каждым шагом столбец характеристик сдвигается вправо (табл.).

В результате учета нескольких факторов – стратегии выбора региона, замещения мигрантов

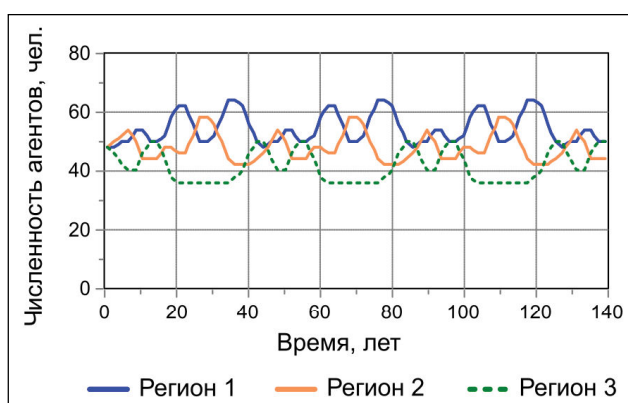


Рис. 1. Сложные периодические колебания в модели

Fig. 1. Complex periodic oscillations in the model

Таблица
 Алгоритм изменения характеристик
 регионов в модели

Table
 Algorithm for changing the characteristics
 of regions in the model

| Индекс привлекательности региона | Шаг 1 | | | Шаг 2 | | | Шаг 3 | | |
|----------------------------------|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|
| | 1* | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Экономической | A | B | C | C | A | B | B | C | A |
| Социальной | B | C | A | A | B | C | C | A | B |
| Экологической | C | A | B | B | C | A | A | B | C |

Примечание: * – цифрами обозначены порядковые номера модельных регионов

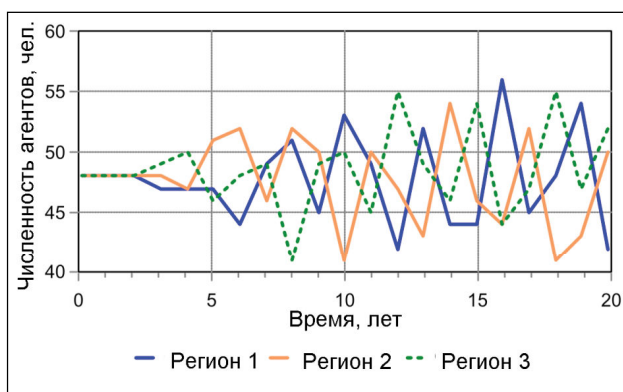


Рис. 2. Короткопериодные колебания численности мигрантов по регионам в модели с шагом изменения характеристик регионов – 1 год

Fig. 2. Short-term fluctuations in the number of migrants in the regions, in the model with a 1-year step of changes in the characteristics of regions

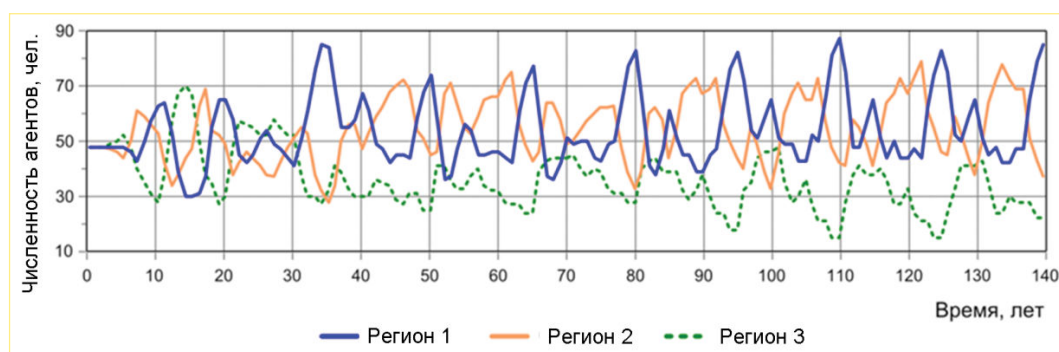


Рис. 3. Короткопериодные колебания численности мигрантов по регионам в модели с шагом изменения характеристик регионов – 5 лет

Fig. 3. Short-term fluctuations in the number of migrants by regions in the model with a 5-year step of changes in the characteristics of regions

разных возрастных групп и изменения характеристик регионов – в модели появляется нерегулярная динамика со средне- и краткосрочными колебаниями. На рис. 2 и 3 показаны короткопериодные колебания численности мигрантов в модели при изменении характеристик регионов с шагом 1 и 5 лет. Из графиков видно, что при увеличении шага изменения характеристик регионов увеличивается период колебаний.

Схожие колебания наблюдаются при рассмотрении численности агентов по возрастным группам (рис. 4).

Обнаруженные колебания также прослеживаются в модельных данных среднего возраста агентов по регионам (рис. 5). Отметим, что появление таких режимов динамики очень сходно с хаосом в относительно простых дискретных моделях [10]. Основную сложность в содержательной интерпретации нерегулярных колебаний при современном уровне развития теории динамических систем представляет отсутствие простых критериев перехода от порядка к циклам и хаосу – сложные режимы динамики обнаруживаются, как правило, численно [8]. Несмотря на это, несомненной пользой исследований нерегулярных режимов динамики миграции (равно как и других социально-экономических и демографических процессов) является, во-первых, сам факт обнаружения такой динамики в моделях, а значит, вероятно, и в самом исследуемом процессе, во-вторых, более детальное исследование механизмов смены режимов динамики и их сопоставление с реальными процессами (так, переход к хаосу в моделях зачастую сопровождается появлением и усложнением циклической динамики).

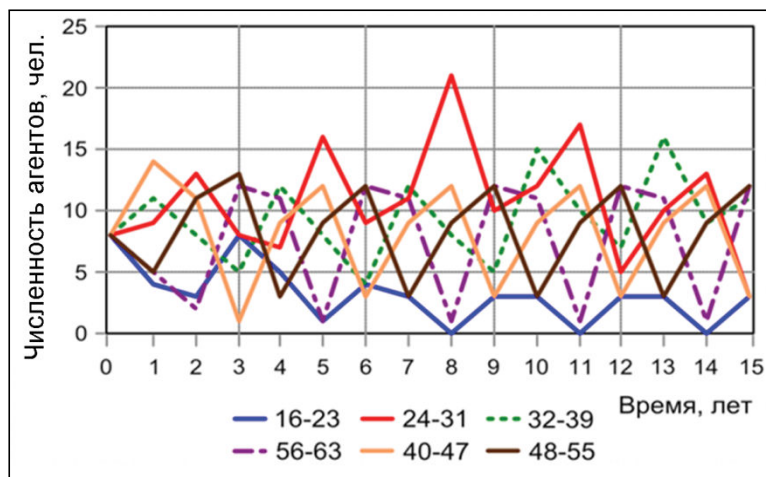


Рис. 4. Короткопериодные колебания численности мигрантов по возрастным группам в модели с шагом изменения характеристик регионов – 1 год

Fig. 4. Short-term fluctuations in the number of migrants by age groups in the model with a 1-year step of changes in the characteristics of regions

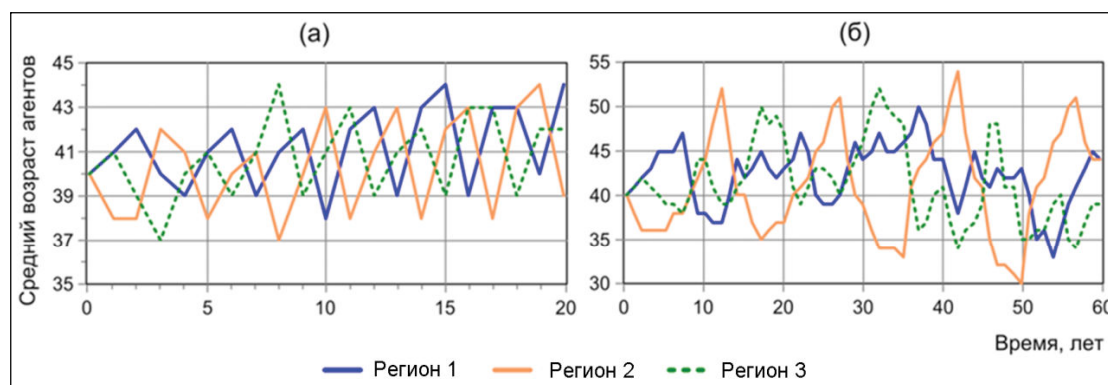


Рис. 5. Динамика среднего возраста агентов по регионам в модели: а, б) шаг изменения характеристик регионов 1 и 5 лет соответственно

Fig. 5. Dynamics of the agents' average age by regions in the model: a), b) the 1- and 5-year step of changes in the characteristics of the regions, respectively

Таким образом, проведенное исследование выявило, что одним из механизмов формирования нерегулярных режимов динамики численности мигрантов является наличие стратегий миграционного поведения. Кроме того, в ходе исследования предложен подход к формализации этих стратегий, который может быть положен в основу изучения сложного поведения соответствующих агент-ориентированных моделей для конкретных регионов.

Заключение

В результате исследования базовой агент-ориентированной модели показано, что сочетание различных стратегий миграции может приводить к нерегулярной динамике, значительно затрудняющей прогноз миграционных процессов. В практике управления социально-экономическими и демографическими процессами стараются не допускать возникновения хаотических режимов, а при их наличии – производить меры регуляри-

зации динамики. Можно полагать, что в современном мире возникающая хаотическая динамика социально-демографических процессов является естественным следствием формирования либеральных ценностей, допускающих большое разнообразие стратегий поведения. Судя по всему, происходит социальный эволюционный процесс, который, с одной стороны, должен привести к образованию новых общественных структур и большей реализации личных свобод, с другой стороны, формированию более эффективных социально-экономических механизмов, препятствующих социальной разбалансировке, в частности, неконтролируемым всплескам миграции или миграционным «истощениям» регионов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-010-00206.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дмитриев М.Г., Юдина Т.Н. Миграционные процессы: модели анализа и прогнозирования

- (обзор) // Труды ИСА РАН. 2017. Т. 67, № 2. С. 3–14.
2. Ермаков С.В., Шкуркин А.М. Миграционный трудовой потенциал региона в системе структурных диспропорций рынка труда // Власть и управление на Востоке России. 2007. № 1. С. 53–60.
 3. Лебедюк Э.А. Агентное моделирование: состояние и перспективы // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2017. № 6 (96). С. 155–162.
 4. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Моделирование демографических процессов с использованием агент-ориентированного подхода // Федерализм. 2014. № 4 (76). С. 37–46.
 5. Мищук С.Н., Тайорова М.А., Беспалова Н.В. Переселение соотечественников в Дальневосточный федеральный округ: проблемы и их решения // Власть и управление на Востоке России. 2014. № 2 (67). С. 54–61.
 6. Мкртчян Н.В. О влиянии миграции на возрастной состав населения регионов, городов и районов России // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2014. Т. 12. С. 381–396.
 7. Мотрич Е.Л. Миграция и культурная сложность стран и регионов // Пространственная экономика. 2018. № 4. С. 185–188.
 8. Романовский М.Ю., Романовский Ю.М. Введение в эконофизику: статистические и динамические модели. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012. 340 с.
 9. Флорида Р. Кто твой город? Креативная экономика и выбор места жительства. М.: Strelka Press, 2014. 368 с.
 10. Фрисман Е.Я., Кулаков М.П., Ревуцкая О.Л., Жданова О.Л., Неверова Г.П. Основные направления и обзор современного состояния исследований динамики структурированных и взаимодействующих популяций // Компьютерные исследования и моделирование. 2019. Т. 11, № 1. С. 119–151. DOI: 10.20537/2076-7633-2019-11-1-119-151.
 11. Хавинсон М.Ю., Колобов А.Н. Моделирование периодических колебаний миграционной динамики: агент-ориентированный подход // Региональные проблемы. 2019. Т. 22, № 4. С. 69–75. DOI: 10.31433/2618-9593-2019-22-4-69-75.
 12. Хавинсон М.Ю., Кулаков М.П., Мищук С.Н. Прогнозирование динамики внешней трудовой миграции на региональном уровне // Проблемы прогнозирования. 2013. № 2 (137). С. 99–111.
 13. Шмидт Ю.Д., Ивашина Н.В., Лободин П.Н., Кухлевский А.Л. Прогнозирование межрегиональных миграционных потоков // Экономика региона. 2017. Т. 13, № 1. С. 126–136. DOI: 10.17059/2017-1-12.
 14. Schelling T. *Micromotives and Macrobehavior*. New York; London: WW Norton and Company, 1978. 242 p.
 15. Weidlich W. *Sociodynamics: a Systematic Approach to Mathematical Modelling in the Social Sciences*. London: CRC Press, 2000. 392 p.

REFERENCES

1. Dmitriev M.G., Yudina T.N. Migration processes: Models of analysis and forecasting (Overview). *Trudy ISA RAN*, 2017, vol. 67, no. 2, pp. 3–14. (In Russ.).
2. Ermakov S.V., Shkurkin A.M. Migration labor potential of the region in the system of structural labor market imbalances. *Vlast' i upravlenie na Vostoke Rossii*, 2007, no. 1, pp. 53–60. (In Russ.).
3. Lebedyuk E.A. Agent-Based modelling: state and prospects. *Vestnik REU im. G.V. Plekhanova*, 2017, no. 6 (96), pp. 155–162. (In Russ.).
4. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. Modeling demographic processes using an agent-based approach. *Federalizm*, 2014, no. 4 (76), pp. 37–46. (In Russ.).
5. Mishchuk S.N., Tajorova M.A., Bepalova N.V. Compatriots' resettlement to the Far-Eastern Federal District: problems and their solutions. *Vlast' i upravlenie na Vostoke Rossii*, 2014, no. 2 (67), pp. 54–61. (In Russ.).
6. Mkrтчyan N.V. To the degree of migration influence on the population age structure in Russian regions, towns and districts. *Nauchnye trudy: Institut narodnokhozyaistvennogo prognozirovaniya RAN*, 2014, no. 12, pp. 381–396. (In Russ.).
7. Motrich E.L. Migration and cultural difficulty of countries and regions. *Prostranstvennaya ekonomika*, 2018, no. 4, pp. 185–188. (In Russ.).
8. Romanovskii M.Yu., Romanovskii Yu.M. *Vvedenie v ekonofiziku: statisticheskie i dinamicheskie modeli* (Introduction to Econometrics: Statistical and dynamic models). Moscow; Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2012. 340 p. (In Russ.).
9. Florida R. *Kto tvoi gorod? Kreativnaya ekonomika i vybor mesta zhitel'stva* (Who is your city? Creative economy and choice of residence). Moscow: Strelka Press Publ., 2014. 368 p. (In Russ.).
10. Frisman E.Ya., Kulakov M.P., Revutskaya O.L., Zhdanova O.L., Neverova G.P. The key approaches and review of current researches

- on dynamics of structured and interacting populations. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovaniye*, 2019, vol. 11, no. 1, pp. 119–151. DOI: 10.20537/2076-7633-2019-11-1-119-151. (In Russ.).
11. Khavinson M.Yu., Kolobov A.N. Modeling of periodic oscillations of migration dynamics: the agent-oriented approach. *Regional'nye problemy*, 2019, vol. 22, no. 4, pp. 69–75. DOI: 10.31433/2618-9593-2019-22-4-69-75. (In Russ.).
 12. Khavinson M.Yu., Kulakov M.P., Mishchuk S.N. Prediction of foreign labor migration dynamics at the regional level. *Problemy prognozirovaniya*, 2013, no. 2 (137), pp. 99–111. (In Russ.).
 13. Shmidt Yu.D., Ivashina N.V., Lobodin P.N., Kukhlevsky A.L. Forecasting of interregional migration flows. *Ekonomika regiona*, 2017, vol. 13, no. 1, pp. 126–136. DOI: 10.17059/2017-1-12. (In Russ.).
 14. Schelling T. *Micromotives and Macrobehavior*. New York; London: WW Norton and Company, 1978. 242 p.
 15. Weidlich W. *Sociodynamics: a Systematic Approach to Mathematical Modelling in the Social Sciences*. London: CRC Press, 2000. 392 p.

IRREGULAR DYNAMICS IN THE AGENT-BASED MIGRATION MODEL

M.Yu. Khavinson, A.N. Kolobov

The article is devoted to modeling the dynamics of migration at the regional level. In the context of the transition to a post-industrial society, population migration becomes more dynamic, which requires improving approaches to its forecasting and makes significant the study of personal strategies for choosing the time of migration and the host region by agents. Different strategies of agents lead to the emergence of migrant strata with dynamically changing number, unevenly distributed among the receiving regions. As a result, it can be observed nonlinear fluctuations in the number of migrants, for the study of which simulation modeling tools are relevant. This research is devoted to the study of the migration processes complex dynamics by the method of agent-based modeling. The simulation is based on the assumption that a migrant, when choosing a region, follows a strategy, characteristic of his age group, which in the long end directly affects the distribution of the number of migrants of various cohorts and the total number of migrants in the region. At this, the strategy choice is determined by socio-economic characteristics of the regions: different levels of economic, social and environmental attractiveness. The authors hypothesized that different strategies of migration behavior can lead to complex migration dynamics. To test the hypothesis, the authors built a basic agent-based model of migration for three regions, which takes into account various strategies of agents' migration behavior, including the choice of a region with the highest economic, social or environmental level of attractiveness. The result of numerical experiments shows that a combination of various strategies for choosing a region with a change in the age structure of migrants leads to periodic and complex regimes of migration dynamics. The authors have found the conditions under which complex dynamics in the model occurs in the short - and medium-term periods.

Keywords: migration, population, region, agent-based modeling, irregular dynamics.

Reference: Khavinson M.Yu., Kolobov A.N. Irregular dynamics in the agent-based migration model. *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 34–39. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-1-34-39.

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.

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 неограничен, 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 неограничен.

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 российского 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; редактор(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). Birobidzhan: 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-Востоку Азии. М.: Наука, 2013. 192 с.

Транслитерация

Rubtsova T.A. *Derev'ya, kustarniki, liany Evrejskoj avtonomnoj oblasti i ix ispol'zovanie v ozelenenii* (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.