
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Институт комплексного анализа
региональных проблем
Дальневосточного отделения
Российской академии наук

Том 21 № 1
2018

Журнал основан в 1995 г.
Выходит 4 раза в год

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

зам. гл. редактора: д.г.-м.н. А.М. Петрищевский; ответственный секретарь к.с.н. С.А. Соловченков;
члены редколлегии: акад. РАН П.Я. Бакланов, чл.-корр. РАН Б.А. Воронов, к.б.н. Е.А. Григорьева,
к.э.н. В.С. Гуревич, акад. РАН Ю.Н. Журавлёв, к.г.н. Т.М. Комарова, чл.-корр. РАН Б.В. Левин,
д.э.н. С.Н. Леонов, к.э.н. С.Н. Мишук, к.б.н. Т.А. Рубцова, чл.-корр. РАН А.П. Сорокин, к.г.н. Д.М. Фетисов,
д.п.н. Б.Е. Фишман, д.б.н. Л.В. Фрисман, акад. РАН А.И. Ханчук, д.ф.н. А.М. Шкуркин,
проф. Син Гуанчэн, проф. Ван Цзюанлэ, проф. Алтэн-Аоцир

С а й т ж у р н а л а : rp.icarp-febras.ru

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: 4-16-71, <http://икарп.рф>
E-mail: reg.probl@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ	3
Стенина А.С., Генкал С.И., Шестеркин В.П., Ким В.И., Крутикова В.О., Харитонов Г.В. <i>Состав диатомовых водорослей в ледовых взвешях Среднего Амура</i>	3
Медведев Л.Н. <i>К фауне листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) юга Дальнего Востока</i>	11
ГЕОЭКОЛОГИЯ	16
Аношкин А.В. <i>Факторы геоэкологического состояния пойменно-русловых комплексов бассейна среднего течения реки Амур</i>	16
Потурай В.А., Строчинская С.С., Компаниченко В.Н. <i>Комплексная биогеохимическая характеристика термальных вод Тумнинского месторождения</i>	22
Мороз В.В., Шатилина Т.А. <i>Особенности изменчивости гидрологических условий северо-восточной части Японского моря в летний период</i>	31
Глаголев В.А. <i>Алгоритм краткосрочного прогноза метеорологической пожарной опасности Дальнего Востока на основе глобальной климатической модели</i>	37
Зубарева А.М. <i>Влияние густоты речной сети на пожарную опасность территории Еврейской автономной области</i>	42
Фетисов Д.М. <i>Ландшафтное разнообразие Еврейской автономной области</i>	46

REGIONAL PROBLEMS

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

Volume 21 Number 1
2018

Established in 1995
Published 4 times a year

CONTENTS

BIOLOGY	3
Stenina A.S., Genkal S.I., Shesterkin V.P., Kim V.I., Krutikova V.O., Kharitonova G.V. Diatom composition in the ice suspensions of the Mid-Amur	3
Medvedev L.N. To the fauna of leaf beetles (Coleoptera, Chrysomelidae) of the southern Far East	11
GEOECOLOGY	16
Anoshkin A.V. Factors of modern environmental conditions of the floodplain-channel landscape complexes in the middle course of the Amur River	16
Poturay V.A.; Strochinskaja S.S.; Kompanichenko V.N. Complex biogeochemical characteristics of the Tumnin Springs thermal water	22
Moroz V.V., Shatilina T.A. Features of the hydrology conditions changeability in the northeast Japan Sea in summer	31
Glagolev V.A. Algorithm of short-term forecast of meteorological fire danger in the Far East on basis of global climate models	37
Zubareva A.M. Influence of the river network density on fire risks in Jewish Autonomous Region	42
Fetisov D.M. Landscape diversity in Jewish Autonomous Region	46

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

Формат 60x84 1/8 Уч.-изд. л. 5,6
Тираж 300 экз.

© ICARP FEB RAS, 2018

БИОЛОГИЯ

УДК 582.26 (571.61)

СОСТАВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ЛЕДОВЫХ ВЗВЕСЯХ СРЕДНЕГО АМУРА

А.С. Стенина¹, С.И. Генкал², В.П. Шестеркин³,
В.И. Ким³, В.О. Крутикова^{3,4}, Г.В. Харитонов³

¹ Институт биологии Коми НЦ УРО РАН,
ул. Коммунистическая 28, г. Сыктывкар, 167982,
e-mail: stenina@ib.komisc.ru;

² Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Ярославская обл., пос. Борок, 152742,
e-mail: genkal@ibiw.yaroslavl.ru;

³ Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
ул. Дикопольцева 56, г. Хабаровск, 680000,
e-mail: shesterkin@iver.as.khb.ru, kim@iver.as.khb.ru, gkharitonova@mail.ru;

⁴ Институт тектоники и геофизики ДВО РАН,
ул. Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000,
e-mail: nm32697@gmail.ru

Представлены первые данные о составе диатомовых водорослей в шуговых взвесах р. Амур, исследованных в зимний период. Найдено 14 видов с разновидностями из 7 семейств, 2 вида установлены впервые для южной части Дальнего Востока. Основной агрегацией являются центрические виды, в основном из класса Coscinodiscophyceae, семейства Stephanodiscaceae и рода Stephanodiscus. По частоте встречаемости и экологии среди других диатомовых выделяется Stephanodiscus hantzschii – индикатор загрязненных вод.

Ключевые слова: ледовые взвеси, Средний Амур, диатомовые водоросли, Stephanodiscus.

Введение

Лед на водных объектах может содержать эвтрофирующие и загрязняющие вещества за счет захвата терригенного материала при льдообразовании, поступления аэрозолей атмосферных осадков и в результате эоловых процессов. Особенно много минеральных взвесей и органических веществ может содержать шуга [7]. Это совокупность ледяных частиц, представляющих собой сложную экологическую нишу из смеси водорослей подледных обрастаний, фитопланктона подледной воды, непланктонных группировок на частицах грунта, включенных в лед, и других организмов. Обычно шуга появляется перед ледоставом и во время ледохода. Для р. Амур образование шуги характерно не только при ледоставе, но и в зимний период. На некоторых участках она образуется в течение всей зимы и может накапливаться подо льдом. В протоках Хабаровского во-

дного узла до 50–60% площади поперечного сечения водного потока (от нижней кромки льда до дна) бывает заполнено шугой. На стрежне водного потока главного русла толщина слоя шуги может достигать 2 м [5].

Исследования о развитии водорослей в ледовом покрытии р. Амур немногочисленны [4, 10, 14 и др.], так как начались относительно недавно. Они в основном посвящены криоперифитону на нижней поверхности льда, в его толще и подледному фитопланктону. Сведения о водорослях ледовых взвесей (шуги) р. Амур нам неизвестны. Цель настоящей работы – определить ведущие виды диатомовых водорослей в ледовых взвесах Среднего Амура. Исследование этой группы организмов вследствие их индикационных свойств имеет большое значение для выявления состояния экосистем, их естественных и антропогенных изменений.

Объекты и методы исследования

Материалом для изучения послужили пробы воды с ледяной взвесью, отобранные на р. Амур в январе 2017 г. у г. Хабаровска на створе, расположенном в 0,8 км ниже ж/д моста (рис. 1). Для отбора проб и последующего анализа были выбраны вертикали, характеризующие влияние притоков р. Амур (реки Усури, Сунгари и Зей-Бурей): точки

1, 2 и 3 соответственно (350, 500 и 1100 м от правого берега). Пробы отбирались из пробуренной ледовым буром лунки пластмассовой емкостью в полиэтиленовые бутылки объемом 0,25 л [8].

Для анализа состава диатомовых водорослей несколько капель отобранной воды на следующий день после сбора были нанесены на столики микроскопа, высушены и напылены Pt. Изучение

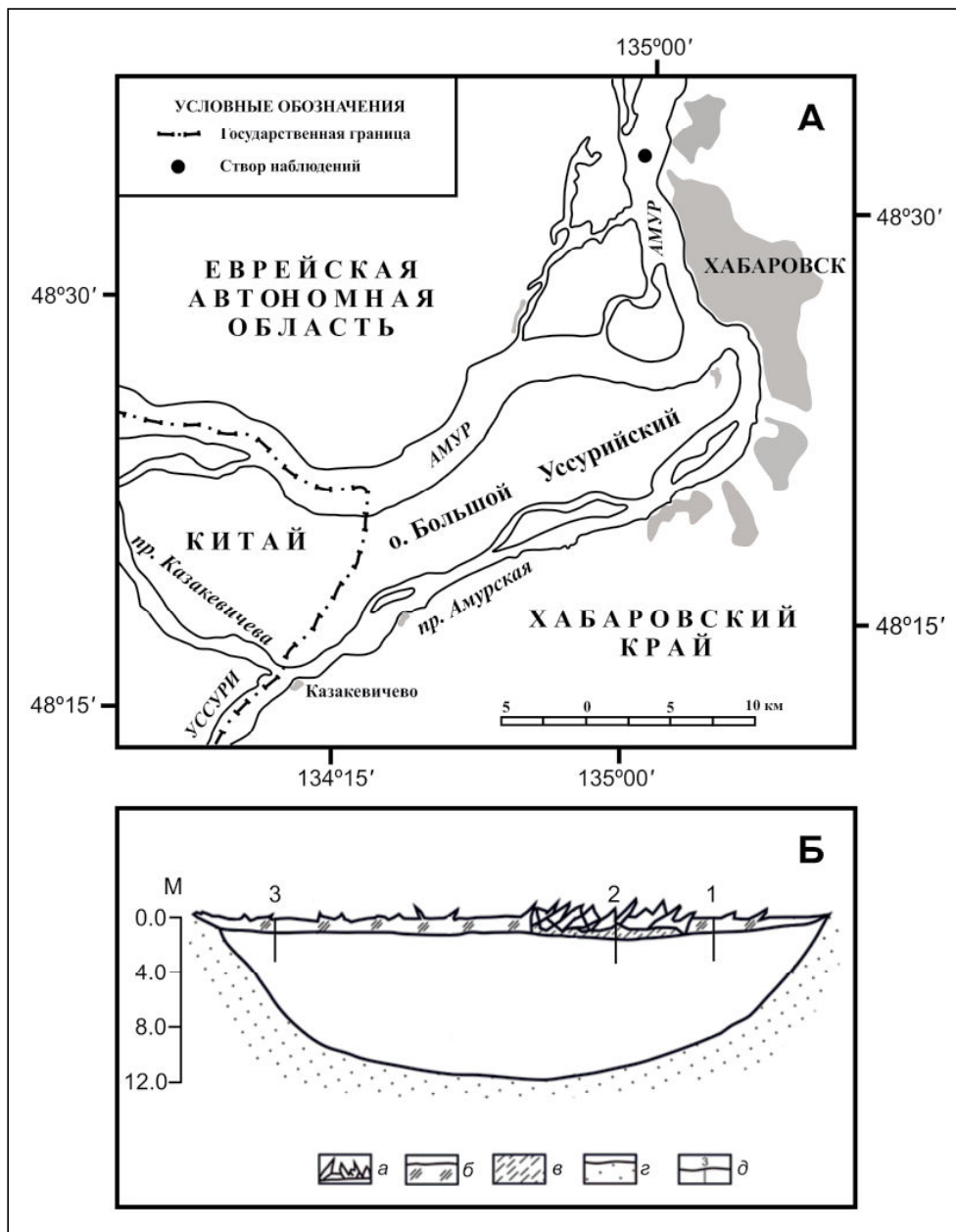


Рис. 1. Схема расположения створа (А) и точек отбора образцов (Б): а – очень торосистый лед, б – лед с одиночными торосами, в – скопление шуги подо льдом, г – песчаное дно реки, д – точки отбора

Fig. 1. Scheme of sampling site (A) and sampling points (B): а – very hummock ice, б – ice with single hummocks, в – the accumulation of ice suspensions slurries, г – sandy bottom River, д – sampling points

препаратов проведено на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 LMH (TESCAN, Чешская Республика), для съемки применен детектор вторичных электронов (SE-детектор). Для анализа элементного состава наиболее репрезентативных участков использовали энергодисперсионный спектрометр X-max 80 (Oxford Instruments, Великобритания). Для идентификации диатомей были использованы основные определители, систематические сводки и отдельные публикации [2, 3, 18 и др.]. Современные номенклатурные изменения уточнены по AlgaeBase [17]. Эколого-географические характеристики приведены по литературным данным [1, 19].

Аналитические работы осуществлялись по принятым в гидрохимических исследованиях методам. Гранулометрический состав образцов был проведен на анализаторе размера частиц SALD-2300 (SHIMADZU, Япония). Исследуемые образцы для гомогенизации перед анализом в течение 10 с обрабатывали встроенным ультразвуковым диспергатором.

Результаты и обсуждение

Развитие диатомовых водорослей тесно связано с физико-химическими особенностями водной среды, особенно с pH, минерализацией и содержанием легко окисляемых органических веществ. Многолетними наблюдениями установлена значительная неоднородность состава амурской воды на обследованном участке, что обусловлено влиянием его основных притоков – р. Уссури (правобережная часть створа), р. Сунгари (центральная часть) и рек Зeya и Бурея (левобережная часть) [12, 13]. Воды основных притоков Амура характеризуются большими различиями в содержании солей. Максимальной концентрацией главных ионов выделяются воды р. Сунгари. Существенно меньше, в 3–4 раза, содержится этих веществ в ультрапресных водах pp. Зeya и Бурея. Поэтому у Хабаровска по ширине Амура минерализация воды и содержание в ней растворенных веществ распределены очень неравномерно, что наблюдается в течение ледостава [12]. Это связано с тем, что горизонтальное перемешивание в реках происходит медленнее вертикального [18]. Так, в зимнюю межень протока Казакевича на отдельных участках перемерзает, в результате чего химический состав воды протоки Амурская и воды в районе Хабаровска (правобережная часть) определяется составом воды р. Уссури. Максимальной минерализацией и концентрацией главных ионов выделяется центральная часть (табл.), причем различия между ней и правобережной частью мало

Таблица

Table

Химический состав воды р. Амур у г. Хабаровска, мг/дм³

Chemical composition of the water of the Amur River near Khabarovsk town, mg/dm³

Часть русла	pH	С	ПО	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	М	Fe _p	Fe _{вал}	HPO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
Правобережная, точка 1	6,97	17	4,1	7,0	1,2	14,1	4,8	61	3,8	9,9	104,1	0,11	0,69	0,019	0,25	1,94
Центральная, точка 2	7,25	28	10,9	10	1,5	17,3	3,8	63	6,2	14,5	120,8	0,10	1,38	0,062	0,38	3,97
Левобережная, точка 3	6,80	56	12,6	3,0	0,9	9,4	1,4	32	1,1	3,5	52,4	0,23	0,33	0,022	0,08	0,75

Примечание: С – цветность, градус; ПО – перманганатная окисляемость, мгО/дм³; М – минерализация

выражены. Содержание общего железа, необходимого элемента жизненного цикла диатомовых водорослей, превышает таковое в право- и левобережных частях русла в 2–4 раза. Обратная картина отмечается для органического вещества (повышенная цветность) и растворенного железа, что связано с заболоченностью левобережья. Кроме того, в воде центральной части русла выше содержание биогенных веществ, хлорид- и сульфат-ионов, катионов натрия преимущественно антропогенного генезиса. В левобережной части реки

минерализация в 2,3 раза ниже. Это связано с тем, что ледяной покров существенно ослабляет поперечное перемешивание потоков, интенсивность которого зимой в 6 раз меньше, чем летом [15].

Содержание взвешенных частиц в воде правобережной и левобережной частей створа (точки 1 и 3), согласно данным электронной микроскопии и лазерной дифрактометрии (рис. 2), не превышает точности гранулометрического анализа. Минеральная часть представлена главным образом аморфным кремнеземом (рис. 2а) и солями

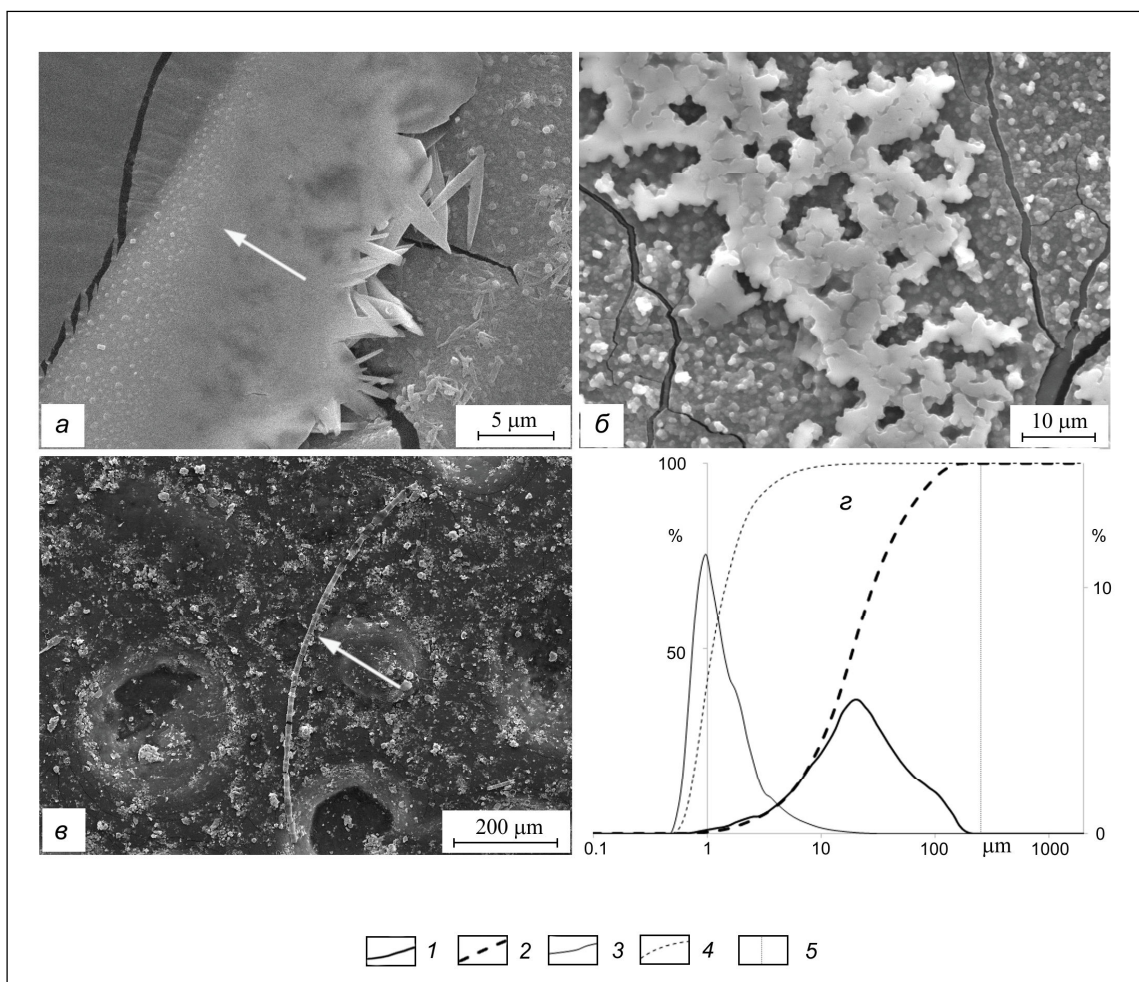


Рис. 2. Микрофотографии образцов ледовых взвесей р. Амур (а–в) и распределение частиц в них (д): т. 1, край высушенного образца, стрелка – аморфный кремнезем (а) и его центральная часть, выделения совместной кристаллизации солей (б); в – т. 2, стрелка – диатомея *Aulacoseira islandica* (РЭМ, SE-детектор); 1, 2 – распределение частиц по объему (дифференциальное и интегральное соответственно); 3, 4 – аналогичное распределение по числу частиц, 5 – граница размеров микроагрегатов, т. 2 (д). Остальные пояснения в тексте

Fig. 2. Microphotographs of the ice suspension samples of the Amur River (a–в) and particle-size distribution in it (д): point 1, edge of the dried sample, arrow – amorphous silica (a) and joint crystallization of salts (б); в – point 2, arrow – *Aulacoseira islandica*; 1, 2 – volume particle-size distribution (differential and cumulative curves); 3, 4 – number particle-size distribution, 5 – upper bound on the microaggregate size, point 2 (д). The rest of explanation is in the text

кальция и натрия (рис. 2б), осаждение которых при высушивании происходит в порядке, обратном их растворимости; диатомовые водоросли встречаются единично. Наибольшее количество как взвесей (~140 мг/дм³, мембранный фильтр 0,45 мкм), так и диатомовых водорослей (рис. 2в) встречается в воде центральной части створа (точка 2). По объему наиболее представительной является фракция крупной пыли (10–50 мкм), по числу частиц – илистая фракция (<2 мкм). Следует отметить, что зимой, как и в летний период [11], перенос тонких фракций происходит преимущественно в составе микроагрегатов: размер переносимых частиц не превышает 250 мкм (рис. 2г).

Всего на обследованных участках реки в пробах ледовых взвесей найдено 19 диатомовых водорослей, из них 14 определены до вида и 5 – до рода. Они относятся к 7 семействам (*Stephanodiscaceae*, *Aulacoseiraceae*, *Fragilariaceae*, *Naviculaceae*, *Cymbellaceae*, *Eunotiaceae*, *Rhopalodiaceae*) и 7 соответствующим порядкам. Основное разнообразие приходится на центрические диатомеи из 2 родов: *Stephanodiscus* и *Aulacoseira*. Чаще других встречается *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, ему сопутствуют *S. invisitatus* Hohn et Hellermann, *S. makarovae* Genkal, *S. minutulus* (Kützing) Cleve et Möller. В состав диатомового комплекса входят также *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (найдена с ауксоспорами) и *A. subarctica* (O. Müller) Haworth (рис. 3). Их дополняют представители рода *Cyclotella*: *Cyclotella scaldensis* Muylaert et Sabbe, *C. meduanae* Germain и рода *Cyclostephanos* – *Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round. Пеннатные диатомеи представлены немногочисленными бесшовными видами – *Meridion circulare* (Gréville) Agardh var. *circulare* et var. *constrictum* (Ralfs) Van Heurck и *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère. В числе шовных диатомовых отмечены единичные *Eunotia soleirolii* (Kützing) Rabenhorst, *Geissleria similis* (Krasske) Lange-Bertalot et Metzeltin, а также *Cymbella* sp., *Navicula* spp., *Rhopalodia* sp. (рис. 4). Новыми для южной части Дальнего Востока [6] являются 2 вида: *Cyclotella scaldensis* и *Geissleria similis*. Основная часть видового состава – космополиты, лишь виды рода *Aulacoseira* – холоднолюбивые, арктоальпийские.

Большей частью выявленные диатомовые – планктонные виды, на втором месте обитатели нескольких экологических группировок. По глобности это преимущественно индифференты, встречающиеся в водной среде со средней степенью солености; по отношению к pH – алкалифилы и алкалибионты, предпочитающие слабо-

щелочную и щелочную среду, а также наличие легко окисляемых органических веществ [1]. Выделяется по частоте встречаемости и экологии *Stephanodiscus hantzschii* – галофил, алкалибионт, альфамезо-полисапроб, обитатель эвтрофных и гиперэвтрофных вод. Все его характеристики позволяют рассматривать этот вид как биоиндикатор в значительной степени загрязненных вод. Такое развитие этого вида в криоперифитоне и подледном фитопланктоне ранее не отмечалось [14]. Была зарегистрирована одновидовая популяция *Melosira islandica* (*Aulacoseira islandica*) вследствие ее массового развития и скопления во льду с образованием до 96% биомассы и более, что позволяло оценивать этот вид как «абсолютного доминанта» [10]. Хотя в отдельные зимние периоды центрические диатомеи из родов *Stephanodiscus* и *Cyclotella* (без указания видовой принадлежности) участвовали в формировании подледного фитопланктона, достигая 44% биомассы. Изменение состава ведущих видов связано, возможно, с загрязнением вод р. Амур поступлением поллютантов из ее основного притока – реки Сунгари. Повышенная минерализация воды и более высокая концентрация хлоридов, сульфатов и соединений биогенных элементов (фосфора, азота, железа) стимулируют развитие *Stephanodiscus hantzschii*, первого по частоте встречаемости в центральной части русла, и подтверждают его биоиндикационные свойства. Массовое развитие этого вида и иных представителей рода *Stephanodiscus* выявлено и в других реках (Иртыш, Енисей, Волга, Дунай и т.д.), испытывающих антропогенное эвтрофирование и загрязнение [9 и др.]. О загрязненности водной среды Среднего Амура может свидетельствовать и аномалия створки *Meridion circulare* var. *constrictum* (рис. 4), которую связывают с наличием в воде пестицидов [16].

Заключение

В результате исследований установлена неоднородность физико-химических свойств водной среды и компонентов шуги на разных участках р. Амур в зимний период. Максимальной минерализацией воды, содержанием минеральных взвесей и частой встречаемостью диатомовых водорослей выделяется центральная часть русла, что обусловлено влиянием р. Сунгари. Наибольшие различия отмечаются в содержании хлоридного, сульфатного, аммонийного, нитратного ионов, ионов натрия преимущественно антропогенного генезиса. В ледовых взвесах р. Амур найдено 14 видов диатомовых водорослей из 7 семейств с преобладанием *Stephanodiscus hantzschii*, разви-

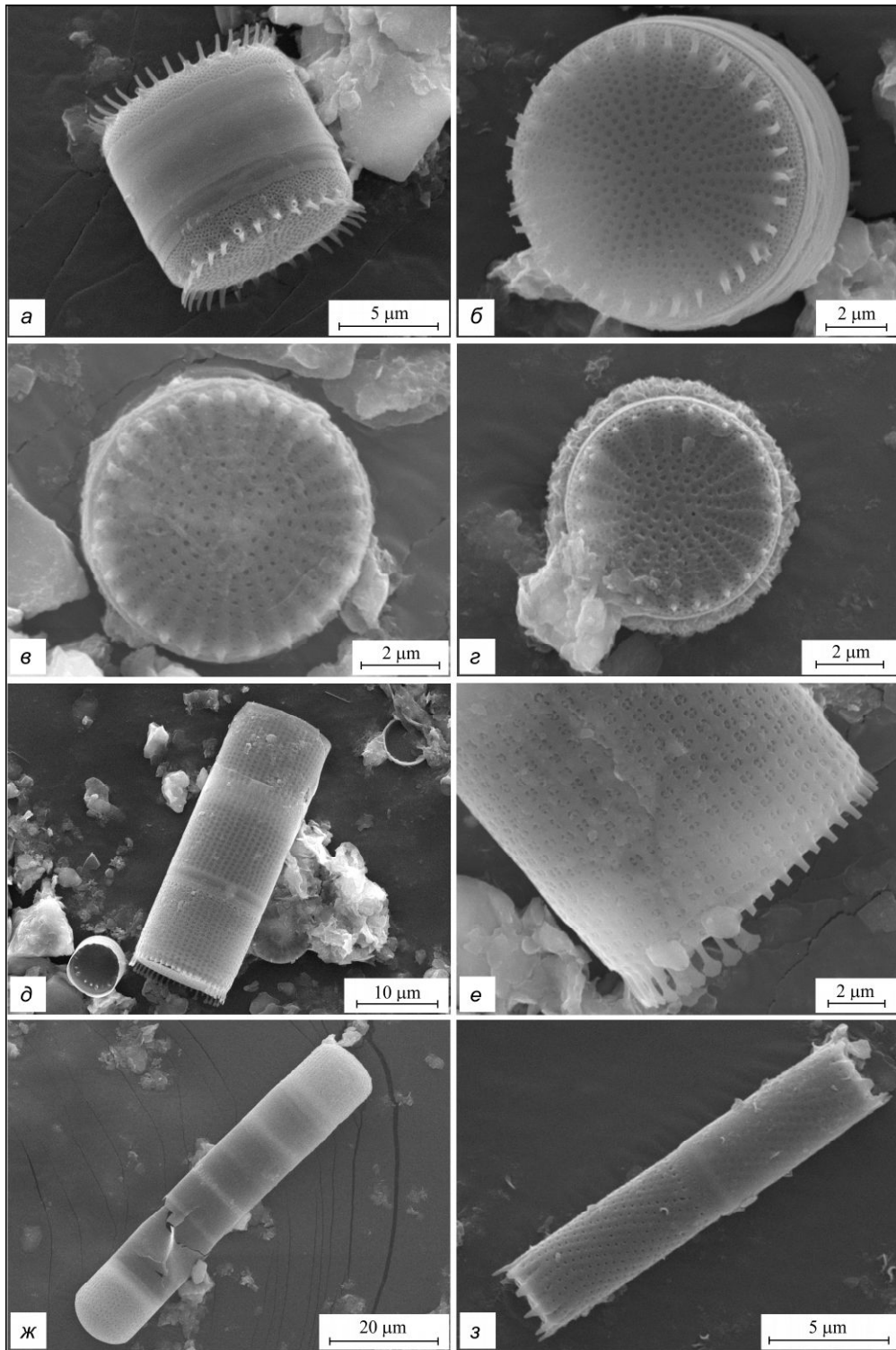


Рис. 3. Центрические диатомовые роды *Stephanodiscus* и *Aulacoseira* в ледовых взвесьях р. Амур:
a, б – *S. hantzchii* Grunow; *в* – *S. minutulus* (Kützing) Cleve et Möller; *г* – *S. makarovae* Genkal; *д–ж* –
A. islandica (O. Müller) Simonsen; *з* – *A. subarctica* (Müller) Haworth (РЭМ, SE-детектор).
 Остальные пояснения в тексте

Fig. 3. Centric diatoms of genera *Stephanodiscus* and *Aulacoseira* in the ice suspensions of the Amur River:
a, б – *S. hantzchii* Grunow; *в* – *S. minutulus* (Kützing) Cleve et Möller; *г* – *S. makarovae* Genkal;
д–ж – *A. islandica* (O. Müller) Simonsen; *з* – *A. subarctica* (Müller) Haworth.
 The rest of explanation is in the text

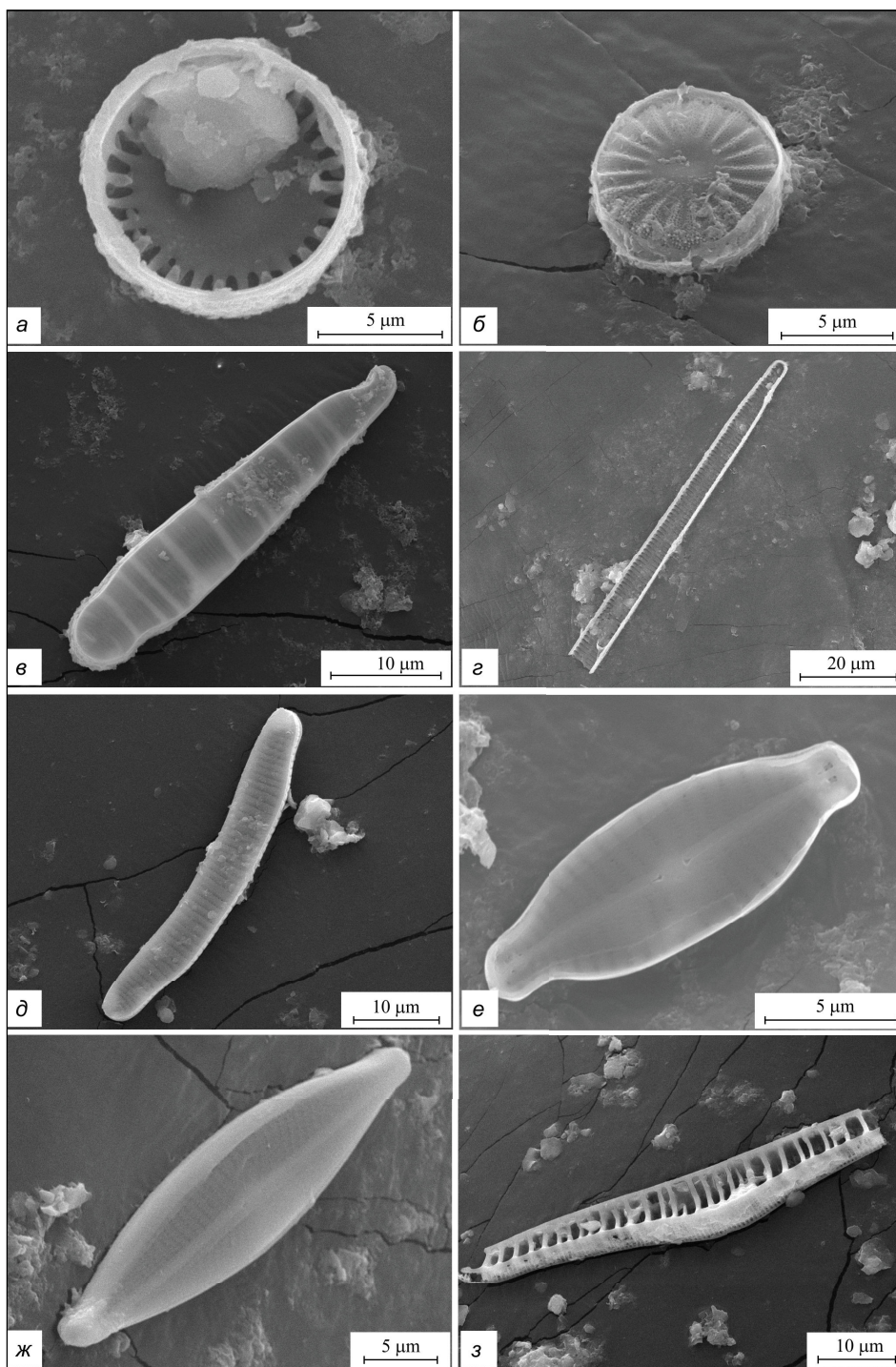


Рис. 4. Центрические диатомовые рода *Cyclotella* (а, б), пеннатные бесшовные виды (в, з) и шовные виды диатомовых (д–з) в ледовых взвесах р. Амур: а – *Cyclotella scaldensis* Muylaert et Sabbe; б – *C. meduanae* Germain; в – *Meridion circulare* (Gréville) Agardh var. *constrictum* (Ralfs) Van Heurck; з – *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère; д – *Eunotia soleirolii* (Kützing) Rabenhorst; е – *Geissleria similis* (Krasske) Lange-Bertalot et Metzeltin; ж – *Navicula* sp., з – *Rhopalodia* sp.

Остальные пояснения в тексте

Fig. 4. Centric diatoms of genus *Cyclotella* (a, б), Pennate seamless species (в, з) and diatoms with seam (д–з) in the ice suspensions of the Amur River: а – *Cyclotella scaldensis* Muylaert et Sabbe; б – *C. meduanae* Germain; в – *Meridion circulare* var. *constrictum* (Ralfs) Van Heurck; з – *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère; д – *Eunotia soleirolii* (Kützing) Rabenhorst; е – *Geissleria similis* (Krasske) Lange-Bertalot et Metzeltin; ж – *Navicula* sp., з – *Rhopalodia* sp. The rest of explanation is in the text

тие которого связано с повышением концентрации главных ионов и соединений биогенных элементов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
2. Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии. М.: Научный мир, 2015. 202 с.
3. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) Т. II, вып. 2 / отв. ред. И.В. Макарова. СПб.: Наука, 1992. 125 с.
4. Лебедев Ю.М., Юрьев Д.Н., Сиротский С.Е. Зимний фотосинтез в р. Амур и развитие водорослей в связи с подледными световыми условиями // Круговорот вещества и энергии в водоемах. Вып. 1. Элементы биотического круговорота. Иркутск: СО АН СССР, 1981. С. 88–89.
5. Махинов А.Н., Ким В.И., Шмигирилов С.А. Строение льда и ледового покрова реки Амур в нижнем течении на участках разветвленного русла // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 4. С. 1–10.
6. Медведева Л.А., Никулина Т.В. Каталог пресноводных водорослей юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2014. 271 с.
7. Немировская И.А., Кравчишина М.Д., Реджепова З.Ю. Органические соединения и взвесь в снежно-ледяном покрове и почвах в районах антарктических станций России // Лёд и снег. 2015. Т. 55, № 4. С. 114–126.
8. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 550 с.
9. Сокольский А.Ф., Евсеева С.С. Фитопланктон Нижней Волги и других рек Европы при антропогенном воздействии // Водные биоресурсы и их рациональное использование. Вестник Астраханского государственного техн. ун-та. 2011. № 2. С. 49–52.
10. Усольцева М.В., Никулина Т.В., Юрьев Д.Н., Лихошвай Е.В. К изучению развития и морфологических особенностей *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (Bacillariophyta) // Альгология. 2006. Т. 16, № 2. С. 145–155.
11. Шалдыбин М.В., Харитонов Г.В., Ким В.И., Лопушняк Ю.М., Уткина Е.В., Дембовецкий А.В., Коновалова Н.С., Юдина А.В., Шмигирилов С.А. Минералогия и состав отложений реки Амур в зоне влияния реки Сунгари // Тихоокеанская геология. 2016. № 1. С. 92–108.
12. Шестеркин В.П. Изменение химического состава речных вод в Хабаровском водном узле за столетие // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29, № 2. С. 112–118.
13. Шестеркин В.П. Сезонная и пространственная изменчивость химического состава вод Верхнего Амура // Региональные проблемы. 2016. Т. 19, № 2. С. 35–42.
14. Юрьев Д.Н., Лебедев Ю.М. Развитие ледового перифитона р. Амур в связи со световым фактором // Ботанический журнал. 1988. Т. 73, № 11. С. 1546–1551.
15. Engmann J.E., Kellerhals R. Transverse mixing in an ice-covered river // Water Resour. Res. 1974. Vol. 10, N 4. P. 775–784.
16. Falasco E., Bona F., Badino G., Hoffmann L., Ector L. Diatom teratological forms and environmental alterations: a review // Hydrobiologia. 2009. Vol. 623. P. 1–35.
17. Guiry, M.D., Guiry, G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland. Galway. 2017. URL: <http://www.algaebase.org>; searched on 15 May 2017 (дата обращения: 02.07.2017).
18. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 1991. Bd. 2/3. 576 p.
19. Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands // Neth. J. Aquat. Ecol. 1994. Vol. 1, N 28. P. 117–133.

DIATOM COMPOSITION IN THE ICE SUSPENSIONS OF THE MID-AMUR

A.S. Stenina, S.I. Genkal, V.P. Shesterkin, V.I. Kim, V.O. Krutikova, G.V. Kharitonova

The first data on diatom composition in the ice suspensions of the Amur River in winter are presented. 14 species with varieties from 7 families are found, 2 species of them being recorded for the first time in the south part of the Far East. The basis of aggregations is the centric species, especially from the class Coscinodiscophyceae, family Stephanodiscaceae and genus Stephanodiscus. Stephanodiscus hantzschii as the indicator of polluted waters stands out among others diatoms by frequency of occurrence and ecology.

Keywords: ice suspensions, the Mid-Amur, diatoms, *Stephanodiscus*.

УДК 595.768.12(571.61/.64)

К ФАУНЕ ЛИСТОЕДОВ (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE)
ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Л.Н. Медведев

Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН,
Ленинский проспект 33, Москва, 119071,
e-mail: Lev.N.Medvedev@mail.ru

Приводится фаунистический список листоедов из четырех заповедников: Хабаровского края (2), Еврейской автономной (1) и Амурской (1) областей.

Ключевые слова: *Chrysomelidae*, заповедники, Дальний Восток.

В настоящее время имеется каталог, включающий полностью фауну листоедов России [7]. В нем приведены все синонимы, учтены последние номенклатурные изменения и дано детальное распространение по всем странам, а по Китаю в том числе и по административным районам. К сожалению, в плане распространения очень не повезло Азиатской части России: эта огромная территория подразделена всего на 3 части: Западная Сибирь, Восточная Сибирь и Дальний Восток. Соответственно, Восточная Сибирь включает фауну от полярных пустынь Новой Земли до настоящих пустынь Тувы, а Дальний Восток, общей площадью свыше 3 миллионов квадратных километров, от острова Врангеля до юга Приморья, рассматривается как единое целое.

Достаточно детальное распространение дальневосточных видов приводилось в «Определителе насекомых Дальнего Востока» [1], однако за последние 20 лет появилось много дополнительных данных по рассматриваемому региону, в том числе по ряду заповедников [2–4, 6], и произошли большие номенклатурные изменения.

В предлагаемой статье приводятся списки листоедов, собранных в ряде заповедников трех регионов А.Б. Рывкиным в 2014, 2015 и 2016 гг. Все они сделаны в позднелетний и осенний периоды и весьма специфичны.

Пользуюсь случаем выразить благодарность за предоставление интересного материала А.Б. Рывкину.

СЕМЕЙСТВО Chrysomelidae**Хабаровский край****ПОДСЕМЕЙСТВО Clytrinae*****Clytra* (s.str.) *arida* Weise, 1889**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, пос. Чегдомын, вокзал, N 51°07.901'

E 132°56.663', 359 м. На листе лебеды. 06.08.2015.

ПОДСЕМЕЙСТВО Cryptocephalinae
***Cryptocephalus* (*Asionus*) *hirtipennis* Faldermann, 1835**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, правый берег р. Левая Буря близ устья р. Китыма-Макит, N 51.90187° E 134.80809°, 763 м. 25.07.2016.

ПОДСЕМЕЙСТВО Chrysomelinae***Chrysomela* (*Macrolina*) *cuprea* Fabricius, 1775**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, правый берег р. Левая Буря напротив устья р. Корбохон, N 51.91631° E 134.86160°, 786 м. 17.07.2016.

***Gonioctena* (s.str.) *decaspilota* Achard, 1924**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, правый берег р. Буря ниже устья р. Тастах, N 51.57734° E 133.67457°, 447 м. Пойма: мхи, подстилка, почва под *Populus* sp. с *Pyrola* sp., *Matteuccia struthiopteris* и др. 06.08.2016.

***Paropsides* *soriculata* (Swartz, 1808)**

2 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, СЗ пос. Чегдомын, правый берег р. Ургал, N 51°11.324' E 132°59.884', 356 м. Подстилка и почва под *Populus suaveolens* и *Chosenia arbutifolia* в пойменном лесу. 10.08.2015.

***Phaedon cochleariae brassicae* Baly, 1874**

1 экз.: Хабаровский край, Хабаровский район, Большехецирский заповедник, близ кордона Соснинского, N 48°16.750' E 134°45.415', 34 м. Мхи и подстилка в пойменном лесу с *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Acer mono*, *A. tegmentosum*, *Quercus mongolica*, *Pinus koraiensis*, *Betula* spp., *Alnus hirsuta*, *Corylus mandshurica*, *Eleutherococcus senticosus*, *Syringa amurensis*, *Lonicera* sp., *Philadelphus* sp., *Carex* sp., Poaceae gen.

spp., папоротниками, *Schisandra chinensis* и др. 12.09.2015.

***Phratora (Phyllodecta) laticollis* (Suffrian, 1851)**

1 экз.: Хабаровский край, р. Левая Бурея напротив устья р. Корбохон, N 51.91631° E 134.86160°, 786 м. 17.07.2016.

***Gonioctena (s.str.) decaspilota* Achard, 1924**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, правый берег р. Бурея ниже устья р. Тастах, N 51.57734° E 133.67457°, 447 м. Пойма: мхи, подстилка, почва под *Populus* sp. с *Pyrola* sp., *Matteuccia struthiopteris* и др. 06.08.2016.

***Paropsides soriculata* (Swartz, 1808)**

2 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, СЗ пос. Чегдомын, правый берег р. Ургал, N 51°11.324' E 132°59.884', 356 м. Подстилка и почва под *Populus suaveolens* и *Chosenia arbutifolia* в пойменном лесу. 10.08.2015.

***Phaedon cochleariae brassicae* Baly, 1874**

1 экз.: Хабаровский край, Хабаровский район, Большехехцирский заповедник, N 48°16.750' E 134°45.415', 34 м. Мхи и подстилка в пойменном лесу с *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Acer mono*, *A. tegmentosum*, *Quercus mongolica*, *Pinus koraiensis*, *Betula* spp., *Alnus hirsuta*, *Corylus mandshurica*, *Eleutherococcus senticosus*, *Syringa amurensis*, *Lonicera* sp., *Philadelphus* sp., Poaceae, *Schisandra chinensis* и др. 12.09.2015.

***Phratora (Phyllodecta) laticollis* (Suffrian, 1851)**

1 экз.: Хабаровский край, Хабаровский район, Большехехцирский заповедник, N 48°16.750' E 134°45.415', 34 м. Мхи и подстилка в пойменном лесу с *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Acer mono*, *A. tegmentosum*, *Quercus mongolica*, *Pinus koraiensis*, *Betula* spp., *Alnus hirsuta*, *Corylus mandshurica*, *Eleutherococcus senticosus*, *Syringa amurensis*, *Lonicera* sp., *Philadelphus* sp., *Carex* sp., Poaceae, *Schisandra chinensis* и др. 12.09.2015.

***Plagiosterna aenea* (Linné, 1758)**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, дорога Шахтинский-Софийск. 06.08.2014. – 1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, СЗ пос. Чегдомын, левый берег р. Ургал, N 51°11.011' E 132°59.637', 320-349 м. Мхи, подстилка и почва на крутом каменистом склоне с *Abies nephrolepis*, *Picea ajanensis*, *Duschekia* sp., *Rhododendron dauricum*, *Sorbaria sorbifolia*, *Rosa* sp., *Gymnocarpium dryopteris*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Ptilium crista-castrensis*, *Sphagnum*, *Carex* sp., *Vaccinium vitis-idaea*, *Ledum palustre*, *Viola* sp. 03.09.2015.

***Sternoplatys fausti* Weise, 1884**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский

район, близ пос. Усть-Ургал, СЗ склон сопки Змеиной, N 51°07.215' E 132°31.681', 287–296 м. Мхи и подстилка на заросшем каменистом склоне сопки с *Duschekia* sp., *Larix gmelinii*, *Betula platyphylla*, *Populus tremula*, *Rosa* sp., *Rhododendron dauricum*, *Ledum* sp., Poaceae, *Pyrola* sp., *Oxalis acetosella*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Sphagnum*. 12.08.2015.

***Sternoplatys fulvipes fulvipes* (Motschulsky, 1860)**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, левый берег р. Эгоно, N 50°42.634' E 133°33.038' – N 50°42.642' E 133°33.080', 680–689 м. Мхи, подстилка, почва под *Populus suaveolens* в пойменном лесу с *Picea ajanensis*, *Larix gmelinii*, *Padus asiatica*, *Rhododendron dauricum*, *Ledum* sp., *Swida alba*, *Pyrola* sp., *Smilacina davurica*, *Aruncus dioicus*, *Carex* sp., Poaceae, *Rosa* sp. и др. 17.08.2015.

ПОДСЕМЕЙСТВО Galerucinae

***Calomicrus altaicus* (Mannerheim, 1825)**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, правый берег р. Левая Бурея напротив устья р. Корбохон, N 51.91634° E 134.86038°, 796 м. Кошение по кустам и разнотравью вдоль опушки пойменного чозениевого леса с пихтой и др. 17.07.2016. – 1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, бассейн р. Левая Бурея, левый берег р. Корбохон близ устья, N 51.91525° E 134.86540°, 790 м. Галечник. 19.07.2016. – 6 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, правый берег р. Левая Бурея близ устья р. Китыма-Макит, N 51.90187° E 134.80809°, 763 м. Кошение по разнотравью и кустам. 23.07.2016.

***Galerucella grisescens* Joannis, 1866**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, левый берег р. Эгоно, N 50°42.634' E 133°33.038'–N 50°42.642' E 133°33.080', 680–689 м. Мхи, подстилка, почва под *Populus suaveolens* в пойменном лесу с *Picea ajanensis*, *Larix gmelinii*, *Padus asiatica*, *Rhododendron dauricum*, *Ledum* sp., *Swida alba*, *Pyrola* sp., *Smilacina davurica*, *Aruncus dioicus*, *Carex* sp., Poaceae, *Rosa* sp. и др. 17.08.2015.

***Lochmaea capreae cribrata* (Solsky, 1872)**

2 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, правый приток р. Правая Бурея, 4 км ниже кордона Новое Медвежье. N 52°05.945' E 134°17.241'–N 52°06.037' E 134°16.704'. 830-860 м. Лиственничная марь с *Ledum palustre*, *Betula divaricata*, *Vaccinium uliginosum* и др. 13.08.2014.

***Luperus viridipennis laricis* Motschulsky, 1859**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, левый берег р. Правая Буря напротив устья ключа Безымянного. N 52°04.021' E 134°17.967'. 813 м. Кошение по подросту *Populus suaveolens*, *Salix* sp., *Duschekia* sp., *Betula* sp., *Rosa* sp., *Pentaphylloides fruticosa*, *Calamagrostis* sp., и др. вдоль берега реки. 15.08.2014. – 1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, бассейн р. Правая Буря, берег р. Ипата. N 52°01.038' E 134°20.741'. 770 м. На *Salix* sp. 20.08.2014. – 1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, левый берег р. Буря близ устья р. Серегекта, N 51.59895° E 134.13196°, 529 м. На листе *Sorbaria sorbifolia* у избы. 03.08.2016.

***Xanthogaleruca semifulva* (Jacoby, 1885) (= *Pyrhralta (Tricholochmaea) semifulva* (Jacoby, 1885))**

3 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, СЗ пос. Чегдомын, правый берег р. Ургал, N 51°11.324' E 132°59.884', 356 м. Подстилка и почва под *Populus suaveolens* и *Chosenia arbutifolia* в пойменном лесу. 10.08.2015.

ПОДСЕМЕЙСТВО Alticinae

***Altica bisulcata* Weise, 1887**

2 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, близ пос. Усть-Ургал, СЗ склон сопки Змеиной, N 51°07.235' E 132°31.707', 301 м. Мхи и подстилка на заросшем каменистом склоне сопки с *Duschekia* sp., *Larix gmelinii*, *Betula platyphylla*, *Populus tremula*, *Rosa* sp., *Rhododendron dauricum*, *Ledum* sp., Роасеае, *Pyrola* sp., *Oxalis acetosella*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Sphagnum*. 02.09.2015.

***Aphthona modesta* Weise, 1887**

1 экз.: Хабаровский край, Хабаровский район, Большехехцирский заповедник, N 48°16.750' E 134°45.415', 34 м. Мхи и подстилка в пойменном лесу с *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Acer mono*, *A. tegmentosum*, *Quercus mongolica*, *Pinus koraiensis*, *Betula* spp., *Alnus hirsuta*, *Corylus mandshurica*, *Eleutherococcus senticosus*, *Syringa amurensis*, *Lonicera* sp., *Philadelphus* sp., *Carex* sp., Роасеае, *Schisandra chinensis* и др. 12.09.2015.

***Chaetocnema (Tlanoma) semicoerulea transbaicalica* Heikertinger, 1951**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, левый берег р. Правая Буря. N 52°04.021' E 134°17.967'. 813 м. Кошение по подросту *Populus suaveolens*, *Salix* sp., *Duschekia* sp., *Betula* sp., *Rosa* sp., *Pentaphylloides fruticosa*, *Calamagrostis* sp., и др. 15.08.2014.

***Crepidodera aurata* Marsham, 1802**

1 экз.: Хабаровский край, Верхнебуреинский район, Буреинский заповедник, правый берег р. Левая Буря близ устья р. Китыма-Макит, N 51.90187° E 134.80809°, 763 м. Кошение по разнотравью и кустам. 23.07.2016.

***Crepidodera aurea* Geoffroy, 1785**

5 экз.: Хабаровский край, Хабаровский район, Большехехцирский заповедник, кордон Соснинский, N 48°16.811' E 134°45.502', 60 м. Кошение по Роасеае, Fabaceae, *Carex* spp., *Salix* spp., Asteraceae, Lamiaceae и др. 09.09.2015.

Еврейская автономная область

ПОДСЕМЕЙСТВО Chrysomelinae

***Chrysolina (Erythrochrysa) polita adamsi* (Baly, 1874)**

1 экз.: Еврейская автономная область, заповедник Бастак, Дубовая сопка, N 48°58.620' E 132°53.436' – N 48°58.656' E 132°53.264', 182–190 м. Кошение по подросту *Acer* spp., *Juglans mandshurica*, *Lespedeza* sp., *Alnus hirsuta*, *Corylus mandshurica*, *Quercus mongolica*, *Viburnum* sp. и др. 13.09.2014.

Впервые приводится для Еврейской автономной области.

***Chrysomela (Macrolina) lapponica* Linné, 1758**

1 экз.: Еврейская автономная область, заповедник Бастак, Дубовая сопка, близ кордона, N 48°58.620' E 132°53.436' – N 48°58.656' E 132°53.264', 182–190 м. Кошение по подросту *Acer* spp., *Juglans mandshurica*, *Lespedeza* sp., *Alnus hirsuta*, *Corylus mandshurica*, *Quercus mongolica*, *Viburnum* sp. и др. 13.09.2014.

***Phratora vulgatissima* (Linné, 1758)**

1 экз.: Еврейская автономная область, заповедник Бастак, Дубовая сопка, близ кордона, N 48°58.518' E 132°53.462', 161 м. Подстилка и почва под *Populus suaveolens*. 10.09.2014. – 1 экз.: Еврейская автономная область, заповедник Бастак, бассейн р. Кирга, N 48°59.128' E 132°52.604', 155 м. Мхи и подстилка в лиственничнике с *Ledum palustre*, *Betula divaricata*, *Sphagnum* spp. и др. 14.09.2014.

***Plagiosterna aenea* (Linné, 1758)**

1 экз.: Еврейская автономная область, заповедник Бастак, бассейн р. Кирга, N 48°59.128' E 132°52.604', 155 м. Мхи и подстилка в лиственничнике с *Ledum palustre*, *Betula divaricata*, *Sphagnum* и др. 14.09.2014.

ПОДСЕМЕЙСТВО Galerucinae

***Lochmaea capreae cribrata* (Solsky, 1872)**

1 экз.: Еврейская автономная область, заповедник Бастак, бассейн р. Кирга, N 48°59.128' E 132°52.604' – N 48°59.115' E 132°52.552', 155–

158 м. Мхи и подстилка в разреженном березняке и лиственничнике с *Ledum palustre*, *Betula divaricata*, *Sphagnum* spp., кочками *Carex* spp. и др. 15.09.2014.

ПОДСЕМЕЙСТВО Alticinae

Aphthona modesta Weise, 1887

3 экз.: Еврейская автономная область, заповедник Бастак, Дубовая сопка, N 48°58.620' E 132°53.436' – N 48°58.656' E 132°53.264', 182–190 м. Кошение по подросту *Acer* spp., *Juglans mandshurica*, *Lespedeza* sp., *Alnus hirsuta*, *Corylus mandshurica*, *Quercus mongolica*, *Viburnum* sp. и др. 13.09.2014.

Crepidodera fulvicornis Fabricius, 1793

1 экз.: Еврейская автономная область, заповедник Бастак, Дубовая сопка, близ кордона, N 48°58.518' E 132°53.462', 161 м. Подстилка и почва под *Populus suaveolens*. 10.09.2014.

Philopona vibex Erichson, 1834

1 экз.: Еврейская автономная область, заповедник Бастак, бассейн р. Кирга, N 48°59.044' E 132°52.692', 160 м. 14.09.2014.

Амурская область

ПОДСЕМЕЙСТВО Cryptocephalinae

Melixanthus pumilio Suffrian, 1854

2 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, N 54.08637° E 126.87291°, 586 м. Кошение по траве и кустарникам. 18.08.2016. –

1 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, N 54.08959° E 126.87652°, 614 м. Кошение по траве и кустарникам у р. Большая Эракингра. 18.08.2016. – 1 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, N 54.08637° E 126.87291°, 586 м. Кошение по траве и кустарничкам в березняке с *Ledum* sp., *Vaccinium vitis-idaea* и др. 22.08.2016.

ПОДСЕМЕЙСТВО Galerucinae

Lochmaea capreae cribrata (Solsky, 1872)

1 экз.: Амурская область, Зейский район, Ю пос. Сосновый Бор, оз. Сенькино, N 53.70145° E 127.13948°, 219 м. Кошение по злакам, осокам, *Filipendula palmata* и др. 23.08.2016.

Luperus viridipennis laricis Motschulsky, 1859

1 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, N 53.85430° E 127.35957° – N 53.85545° E 127.36122°, 327–371 м. Крутой каменистый распадок: кошение по траве и кустарникам. 28.08.2016. – 1 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, N 53.85431° E 127.35957° – N 53.85538° E 127.36104°, 327–370 м. Крутой каменистый распадок: кошение по траве и кустарникам. 30.08.2016.

Pyrrhalta (Tricholochmaea) semifulva (Jacoby, 1885)

3 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, близ кордона 52-й км, N 54.08959° E 126.87652°, 614 м. Кошение по траве и кустарникам у р. Большая Эракингра. 18.08.2016.

ПОДСЕМЕЙСТВО Alticinae

Altica oleraceae Linné, 1758

4 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, N 54.08803° E 126.87342° – N 54.09367° E 126.88766°, 598–626 м. Кошение по злакам, осокам, *Salix* spp., подросту *Chosenia arbutifolia*, *Populus* spp., *Betula* sp., *Alnus hirsuta* и др. вдоль берегов р. Большая Эракингра. 20.08.2016.

Aphthona erichsoni Zetterstedt, 1828

9 экз.: Амурская область, Зейский район, оз. Сенькино, N 53.70145° E 127.13948°, 219 м. Мелкие мхи, Роосеае и др. 23.08.2016.

Batophila acutangula Heikertinger, 1921

1 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, берег р. Большая Эракингра, N 54.09080° E 126.87963°, 623 м. Мхи и подстилка на камнях. 21.08.2016. – 1 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, распадок Берёзовый, N 53.84615° E 127.34799°, 332 м. Мхи и подстилка среди злаков и осок. 29.08.2016. – 1 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, долина Тёплого ключа, N 53.88282° E 127.32870° 327 м. Злаки, осоки и др. на осыпном склоне. 01.09.2016.

Crepidodera fulvicornis Fabricius, 1793

1 экз.: Амурская область, Зейский район, оз. Сенькино, N 53.70145° E 127.13948°, 219 м. Кошение по злакам, осокам, *Filipendula palmata* и др. 23.08.2016.

Neocrepidodera interpunctata Motschulsky, 1859

2 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, N 54.08803° E 126.87342° – N 54.09367° E 126.88766°, 598–626 м. Кошение по злакам, осокам, *Salix* spp., подросту *Chosenia arbutifolia*, *Populus* spp., *Betula* sp., *Alnus hirsuta* и др. вдоль берегов р. Большая Эракингра. 20.08.2016.

Psylliodes (Semicnema) reitteri parallelus Weise, 1890

1 экз.: Амурская область, Зейский район, Зейский заповедник, близ кордона 52-й км, N 54.08637° E 126.87291°, 586 м. Кошение по траве и кустарникам. 18.08.2016.

Зоогеографический и экологический анализ всех упомянутых ниже заповедников уже проводился, так что в данном случае следует отметить весьма заметные фенологические особенности, связанные с имагинальной стадией листоедов. Основное их обилие приходится на весенне-раннелетний период, преимущественно

май и июнь. В позднелетнее и осеннее время (вторая половина августа и первая половина сентября) умеренно представлены всего 3 подсемейства: Chrysomelinae, Galerucinae и Alticinae, причем в сборах явно преобладают хортобионты, а дендробионты практически представлены видами, обитающими только на ивах. Крайне бедны подсемейства Clytrinae и Scyrtoscephalinae, соответственно 1 и 2 вида. А имаго остальных 5 подсемейств полностью отсутствуют

ЛИТЕРАТУРА:

1. Медведев Л.Н. Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 3, ч. 2. М.: Наука, 1992. С. 533–602.
2. Медведев Л.Н. К фауне жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) Амурской области и Хабаровского края // Труды Государственного природного заповедника «Буреинский». Вып. 4. Хабаровск, 2008. С. 63–76.
3. Медведев Л.Н. К фауне жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) Хабаровского края // Региональные проблемы. 2011. Т. 14, № 1. С. 41–45.
4. Медведев Л.Н. К фауне жуков-листоедов (Insecta, Coleoptera, Chrysomelidae) Буреинского нагорья // Труды государственного природного заповедника «Буреинский». Вып. 5. Хабаровск, 2012. С. 49–55.
5. Медведев Л.Н. К фауне жуков-листоедов (Insecta: Coleoptera, Chrysomelidae) Сибири и Дальнего Востока России // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, № 1. С. 35–39.
6. Медведев Л.Н., Скоморохов М.О. К фауне жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2009. Т. 12. С. 41–45.
7. Löbl I, Smetana A. Catalogue of Palearctic Coleoptera. Vol. 6. Apollo Books, 2010. 923 p.

TO THE FAUNA OF LEAF BEETLES (*COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE*)
OF THE SOUTHERN FAR EAST

L.N. Medvedev

The author provides a faunistic list of the leaf beetles for the 4 nature reserves: in the Khabarovsk Territory (2), Jewish Autonomous Region (1), and Amur Region (1).

Keywords: *Chrysomelidae, nature reserves, Far East.*

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 551.4.042(571.61/.64)

ФАКТОРЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ БАСЕЙНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ АМУР

А.В. Аношкин

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

В работе рассмотрены природные и антропогенные факторы, определяющие современные процессы развития и состояние пойменно-русловых комплексов юга Дальнего Востока России. Природные факторы представлены русловыми процессами, особенностями гидрологического режима рек, склоновыми процессами на бортах долин. К антропогенным факторам, характерным для рассматриваемой территории, относятся гидротехнические сооружения (преимущественно дамбы обвалования), урбанизация пойменно-русловых комплексов, разработка россыпей, сельскохозяйственная мелиорация в речных долинах.

Ключевые слова: пойменно-русловой комплекс, геоэкологическое состояние, русловые деформации, гидрологический режим, антропогенная нагрузка, россыпные месторождения, сельскохозяйственная мелиорации, гидротехнические сооружения.

Введение

Понятие о пойменно-русловых комплексах (ПРК) как природных геосистемах, включающих в себя русло реки и ее пойму, а также части террас или коренных берегов, опирающихся на пойму или русло, было сформулировано в 90-х гг. прошлого века [5]. Пойменно-русловые комплексы, с одной стороны, – это наиболее активный и динамичный элемент речных долин, с другой, данные геосистемы характеризуются значительным антропогенным преобразованием либо через непосредственное изменение морфологии русла и поймы, либо опосредованно, меняя природные условия развития ПРК. В зависимости от взаимного влияния друг на друга тех или иных природных и антропогенных факторов любой пойменно-русловой комплекс характеризуется определенным геоэкологическим состоянием. В силу того, что факторы, влияющие на развитие данных геосистем, достаточно многообразны и по-разному проявляются в различных природных условиях, необходим их региональный анализ и оценка. В частности, в данной работе представлены характерные факторы, определяющие геоэкологическое состояние пойменно-русловых комплексов бассейна среднего течения реки Амур.

Пойменно-русловые комплексы бассейна среднего течения реки Амур

Пойменно-русловые комплексы отличаются друг от друга региональным характером своего распространения – большая часть факторов, определяющих развитие ПРК, территориально неоднородна и по-разному проявляет себя в тех или иных природных условиях. Изучение пойменно-русловых комплексов на сегодняшний день носит скорее региональный характер, общая теория о ПРК представлена недостаточно. Типизация пойменно-русловых комплексов бассейна среднего течения реки Амур в том или ином виде встречается в работах ограниченного ряда отечественных авторов. Алексей Владимирович Чернов [10] в работе по районированию России по размываемости речных берегов на территории юга Дальнего Востока выделяет ПРК с преобладанием устойчивых к размыву скальных, глинистых и суглинистых берегов и ПРК с повсеместным размывом супесчано-песчаных берегов рек.

Алексей Николаевич Махинов [9] проводит типизацию пойменно-русловых разветвлений р. Амур на основе преобладающих типов русла – русловая многорукавность, меандрирование, незавершенное меандрирование, озеровидное русло.

На наш взгляд, при типизации пойменно-русловых комплексов рек, помимо уже широко используемых факторов и критериев [10], целесообразно также учитывать данные о рельефе долин, в которых они развиваются, и о составе русловых наносов, слагающих пойменную фацию. Добавление в формулировку типа пойменно-руслового комплекса геолого-геоморфологической информации о речной долине в целом позволяет дать более полное представление об условиях формирования и развития данного природного комплекса.

На основе предложенных критериев в границах бассейна среднего течения реки Амур ранее было выделено пять характерных типов пойменно-русловых комплексов рек [3, 2].

1 тип – пойменно-русловые комплексы однорукавных, относительно прямолинейных русел крутосклонных и пологосклонных V-образных долин с галечно-валунным дном с фрагментарными, не выдержанными по длине, чередующимися прирусловыми образованиями пойменного типа.

2 тип – пойменно-русловые комплексы меандрирующих, реже адаптированных русел магистральных горных долин с плоским днищем с развитой двусторонней озёрно-старичной поймой.

3 тип – пойменно-русловые комплексы прямолинейных русел предгорий, с галечно-песчаным аллювием с преобладанием двусторонней болотистой поймы.

4 тип – пойменно-русловые комплексы меандрирующих русел, с песчаным аллювием, развивающиеся в рыхлых и слабосцементированных породах, преимущественно с сегментно-гривистой поймой.

5 тип – пойменно-русловые комплексы многорукавных, распластанных русел, с мелко- и среднезернистым песчаным аллювием, развивающиеся в рыхлых породах, с гривисто-островной поймой.

Современное состояние и динамика представленных пойменно-русловых комплексов определяется рядом характерных для рассматриваемой территории природных и антропогенных факторов.

Природные факторы развития пойменно-русловых комплексов

Современное состояние и особенности динамики любого пойменно-руслового комплекса в первую очередь определяются преобладающим для данного водотока типом *руслового процесса*. Тот или иной тип руслового процесса, во-первых, определяет характер русловых деформаций, во-вторых, переформирование аллювиальных

форм руслового и пойменного рельефа. Установлено, что для водотоков рассматриваемой территории характерны следующие типы русловых процессов: *ограниченное, свободное, незавершенное меандрирование и пойменная многорукавность* [4]. В то же время наиболее чувствительными к внешним воздействиям являются пойменно-русловые комплексы, развивающиеся в условиях свободного развития русловых деформаций [10], т.е. при таком типе русловых процессов, как свободное и, отчасти, незавершенное меандрирование.

Свободное меандрирование как преобладающий тип руслового процесса характерно как для относительно крупных рек, так и средних и малых водотоков бассейна среднего течения реки Амур. Пойменно-русловые комплексы характеризуются преобладанием омеговидных и синусоидальных излучин, находящихся на разных стадиях развития, а также обширными пойменными массивами с многообразными формами флювиального рельефа. Проведенные исследования показывают, что до 70% берегов в пределах каждой излучины с той или иной интенсивностью размывается или подмывается. Масштаб этого явления ухудшает экологическое состояние пойменно-русловых комплексов и при наличии на берегах или прирусловых территориях хозяйственной инфраструктуры создает экологическую напряженность.

Продольное и поперечное смещение омеговидных излучин при свободном меандрировании на исследуемой территории составляет в среднем 1,4–2 и 1,8–2,5 м/год соответственно. Скорости продольного смещения у синусоидальных излучин составляют в среднем 0,8 м/год, поперечно-го – 1,2 м/год.

Незавершенное меандрирование как тип руслового процесса представляет собой явление спрямления излучин, первоначально развивающихся по схеме свободного меандрирования. Развитию данного типа руслового процесса на водотоках бассейна среднего течения реки Амур способствует ярко выраженный паводочный режим рек, незначительные перепады высот поверхности водосборов, наличие рыхлых, слабосцементированных пород, на которых развиваются пойменно-русловые комплексы.

Спрявление излучин на рассматриваемой территории происходит либо в шейке меандра, либо в вершине излучины. Отмечается некоторая закономерность: чем больше водность реки, тем чаще спрявление излучин происходит в привершинных частях, и наоборот, при относительно малой водности – в шейке меандра. Скорости про-

дольного и поперечного смещения прорванных излучин в среднем 0,6 и 0,8 м/год соответственно.

При незавершенном меандрировании в значительной степени усложняется пойменно-русловой рельеф, характеризующийся значительной динамикой как во времени, так и в пространстве. Особенно это актуально для низкой поймы, где морфометрические параметры рельефа неоднократно меняются в рамках даже одного гидрологического сезона. В пределах низкой поймы расположено большое количество старичных озер сегментной или овалообразной формы.

Склоновые процессы на бортах долин – следующий фактор, определяющий развитие пойменно-русловых комплексов бассейна среднего течения реки Амур. Все малые и средние эрозионные формы, имеющие постоянный водоток, в пределах горных территорий представлены преимущественно тремя типами: крутосклонные (до 30°) долины с V-образным профилем; пологосклонные (5–10°) долины с V-образным поперечным профилем и плоским днищем; долины с U-образным поперечным профилем, с плоским днищем [1].

Для ПРК горных рек рассматриваемой территории характерно значительное поступление наносов с водосборов. Связано это с развитием в данном районе солифлюкционных процессов и дефляционного сноса, а также с сильной расчлененностью рельефа. Начиная с многочисленных распадков, здесь происходит неперIODичный снос материала как под действием силы тяжести, так и в результате плоскостного смыва. Вследствие этого в водотоки различных порядков поступает в первую очередь грубообломочный, преимущественно плохо сортированный щебнистый материал, заполнителем служит грубозернистый полимиктовый песок. Полевые исследования показали, что склоновые процессы, особенно в долинах рек с V-образным поперечным профилем, в ряде случаев приобретают разрушительный для ПРК характер, происходит погребение части пойменных или прирусловых территорий, конусы выноса, выступая как препятствие, перекрывают русла, в значительной степени идет укрупнение отмостки русла, в результате чего водоток большую часть года «теряется» в материале, поступившем со склонов.

Поступающий в границы пойменно-русловых комплексов материал постепенно перераспределяется по продольному профилю русла, на относительно крупных реках во время паводков и половодий частично выносятся на пойму, аккумуляруется на побочных, выпуклых берегах,

осередках и перекатах. Процессы развития и формирования русел рек связаны преимущественно с циклическими либо одноподобными изменениями микро- и мезорельефа водотоков, в пространстве же русла остаются относительно стабильными.

Характерные особенности, влияющие на состояние и динамику пойменно-русловых комплексов бассейна среднего течения реки Амур, имеет такой фактор, как *гидрологический режим рек*. В типовом гидрографе рек данной территории четко прослеживаются следующие фазы гидрологического режима: весеннее половодье, летне-осенние паводки и зимняя межень, что обусловлено действием дальневосточных муссонов, которые помимо других территорий юга Дальнего Востока сильнее всего проявляются именно в бассейне реки Амур [8]. На летне-осенние паводки приходится до 70% формирования годового объема стока, выражены они (паводки) подъемами воды в виде одиночных или многовершинных пиков, разделенных между собой периодами с относительно низкими уровнями продолжительностью до 10 суток.

Такая неравномерность стока, а также кратковременный интенсивный подъем и спад воды в речных руслах определяют ярко выраженную сезонность и сложную предсказуемость в развитии пойменно-русловых комплексов бассейна среднего течения реки Амур. В частности, данные полевых наблюдений показали, что спрямление излучин рек активно происходит преимущественно в период летне-осенних паводков, менее чем за два месяца спрямляющая протока достигает ширины, соизмеримой с шириной основного русла. Тем самым структура пойменно-руслового комплекса на данном участке реки за небольшой временной отрезок значительно трансформируется. Экологическая напряженность в данном случае усиливается, если территория ПРК вовлечена в хозяйственный оборот в виде населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, объектов инфраструктуры.

В меньшей степени на современное состояние пойменно-русловых комплексов бассейна среднего течения реки Амур оказывают такие факторы, как *разрывные нарушения и разломы* – определяют рисунок речной сети; *ледовые явления* – локально влияют на ход русловых процессов, обычно это влияние носит кратковременный характер; *особенности растительности* – влияют на поступление наносов с водосборов, транспортирующую способность рек, закрепляют рыхлые аллювиальные отложения.

Антропогенные факторы развития пойменно-руслых комплексов

Антропогенное влияние на состояние и динамику пойменно-руслых комплексов проявляется через хозяйственные мероприятия, непосредственно или опосредованно изменяющие морфологию ПРК, преобразуя природные условия, в которых развиваются поймы и русла рек. На сегодняшний день антропогенное воздействие на пойменно-руслые комплексы бассейна среднего течения реки Амур происходит по достаточно широкому спектру направлений – от урбанизации ПРК до разработки полезных ископаемых в их границах.

Гидротехническое строительство

Гидротехнические сооружения в границах пойменно-руслых комплексов на рассматриваемой территории представлены преимущественно дамбами обвалования. Выполнены они обычно из насыпного грунта – песчано-гравийно-галечная смесь, расположены вдоль пойменных берегов с целью предотвращения их (пойм) затопления паводочным водами.

Исследование обвалованных участков рек показало, что происходит стабилизация размывов берегов, идет сглаживание пойменных форм рельефа, меняется форма и структура береговых откосов. В то же время в местах сооружения дамб обвалования начинается размыв противоположных береговых откосов, которые ранее характеризовались как устойчивые. Кроме того, в условиях двустороннего укрепления берегов значительно увеличивается интенсивность смещения островных и осередковых образований (с 0,1–0,15 м/год до 2–2,5 м/год), а также кос и прирусловых отмелей по сравнению с аналогичными формами рельефа, развивающимися на участках рек выше или ниже по течению, но антропогенно не ограниченных.

Добыча строительных материалов

Местное воздействие на пойменно-руслые комплексы района исследования оказывает изъятие из одиночных карьеров в руслах и на поймах рек строительных песчано-гравийных смесей. Карьеры имеют преимущественно линейное распространение вдоль средних и нижних течений водотоков средних и больших размеров, а также локально вокруг населенных пунктов. Исследования русловых карьеров (рр. Бира, Биджан, Икура, Ин) не выявило существенной трансформации морфометрических и гидравлических характеристик русла и потока, а также уровня режима. Связано это с тем, что карьеры имеют одиночное локальное распространение и разрабатываются

только в теплый период года.

Большое распространение в границах пойменно-руслых комплексов получили пойменные карьеры, не имеющие с руслом рек прямой гидравлической связи. Значительная трансформация ПРК в результате добычи песчано-гравийных смесей происходит в окрестностях населенных пунктов, естественный рельеф замещается отвалами вскрышных пород, расположенными хаотически, выровненными площадками с прудами, карьерами, водоотводными каналами, траншеями различной величины и протяженности, эрозионными канавами, происходит уничтожение почвенного и растительного покрова. Ситуация усугубляется тем, что разработка карьеров в ряде случаев ведется несанкционированно, без оформления разрешительно-лицензионной документации [6].

Разработка россыпных месторождений полезных ископаемых

Разработка россыпных месторождений золота пойменно-руслых комплексов бассейна среднего течения реки Амур проводилась и проводится в непосредственной близости и в самих руслах рек ручным (старые горные выработки, преимущественно долины небольших ключей), гидравлическим и дражным способами. В результате горных работ естественный рельеф пойменно-руслых комплексов подвергается практически полному уничтожению, замещаясь антропогенными формами с перепадом высот в первые десятки метров. Масштабы изменения речных долин по протяженности – от нескольких сотен метров до 10 км.

В границах преобразованных пойменно-руслых комплексов, по сравнению с естественными условиями, значительно меняется интенсивность плановых деформаций и характер аккумулятивных процессов.

Исследования показали, что на участках рек, измененных в результате обработки россыпей, значительно увеличивается, по сравнению естественным фоном (1–1,6 м/год), интенсивность плановых деформаций русел. В период летне-осенних паводков характерно активное размытие вогнутого берега и разработка спрямляющих протоков, средняя величина бокового смещения берегов достигает 2,5–3 м/год. Берега при размыве часто образуют отвесные стенки высотой до 4–5 м, которые периодически обрушаются, что приводит к запруживанию русел и формированию конусов выноса.

Аккумулятивные процессы, в целом не характерные для водотоков рассматриваемой территории, активно проявляются на участках рек,

пересекающих такие формы антропогенного рельефа, как полигоны, выемки, крупные траншеи, отстойники. На таких участках, помимо основного русла, формируется множество небольших ответвлений, проток, второстепенных рукавов, которые, соединяясь между собой, создают сплошную гидрографическую сетку на дне долины. Флювиальные формы рельефа и отвального комплекса здесь характеризуются значительной неустойчивостью и частыми плановыми переформированиями как во времени, так и в пространстве.

Мелиорация пойм и прилегающих к рекам территорий

В связи с особенностями климата, геологии и рельефа бассейна среднего течения реки Амур в этом регионе с целью создания необходимых условий для сельскохозяйственного производства на протяжении более чем шестидесяти лет проводилась обширная осушительная мелиорация пойменных земель и прилегающих к рекам территорий.

С увеличением доли мелиоративной сети от общей площади бассейна реки происходит падение скоростей течения, а при достижении данного показателя 50–55% движение воды на водотоках практически прекращается, что характерно, данная ситуация сохраняется и в периоды летне-осенних паводков. В сложении русел рек-водоприемников начинают преобладать супесчаные и илисто-глинистые отложения мощностью до полуметра. Берега топкие, глинистые, особенно в местах впадения магистральных водоотводных каналов. Характерно интенсивное развитие водной растительности. В ряде случаев было отмечено, что пойменно-русловые комплексы перестают существовать как геосистема с единым руслом. Они (русла) заменяются системой небольших вытянутых водоемов, имеющих овалообразную форму, которые соединяются в единый поток только в периоды повышенной водности (летне-осенние паводки).

Кроме того, осушительная мелиорация в поймах малых рек ведет к изменению химического состава поверхностных вод, донных отложений и пойменных почв. Исследования, проведенные на водотоках Еврейской автономной области [7], показали, что происходит перераспределение тяжелых металлов в системе вода – почвы – донные отложения, поскольку кислотность исследуемых образцов имеет тенденцию к изменению от кислой к нейтральной, что может привести к переходу некоторых тяжелых металлов из легко растворимых в трудно растворимые формы.

Урбанизация пойменно-русловых комплексов

На рассматриваемой территории большинство населенных пунктов, от городов до небольших поселков, расположено на берегах рек или в непосредственной близости от них. Так, в пределах Еврейской автономной области из чуть менее 100 населенных пунктов 95% расположены в границах пойменно-русловых комплексов малых и средних рек. В результате застройки пойменных и прирусловых территорий полностью видоизменяется их ландшафтный и геоморфологический облик, а также процессы и векторы развития.

Исследования пойменно-русловых комплексов на урбанизированных территориях на примере города Биробиджана позволяют сделать следующие выводы. Во-первых, преобразовывается весь первичный рельеф ПРК, в том числе естественные понижения, через которые осуществлялся дренаж территории. На сегодняшний день это привело к тому, что поверхностный сток с территории города затруднен, идет повышение уровня грунтовых вод и подтопление городской территории, данная ситуация усугубляется отсутствием в городе ливневой канализации. Во-вторых, произошел подпор в результате создания ряда гидротехнических сооружений, водотоков и проток, изначально существовавших на данной территории. Это привело к их заилению, в ряде случаев они прекратили свое существование, вследствие этого был нарушен дренаж прирусловых территорий и участков поймы. В-третьих, закрепление береговых откосов в пределах городской черты с одной стороны стабилизировало размывы берегов (что можно рассматривать как положительный эффект), но с другой активизировало процессы размывов и ускоренного смещения островных и осередковых форм, которые угрожают нормальному функционированию двух мостовых переходов и выпуску сточных вод очистных сооружений города. В-четвертых, на ряде участков реки в результате хозяйственной деятельности полностью сведен растительный покров, что привело к активным обрушениям берегов в периоды прохождения летне-осенних паводков.

Таким образом, с одной стороны урбанизация ПРК ведет к ряду положительных эффектов, с другой непродуманная организация хозяйственной деятельности создает экологическую напряженность в границах рассматриваемых геосистем.

Заключение

Современные пойменно-русловые комплексы характеризуются различным экологическим

состоянием – от вполне удовлетворительного (развивающихся в естественных природных условиях) до полной их трансформации. Одна из основных задач современных геоэкологических исследований – это разработка принципов, позволяющих достичь устойчивого развития той или иной геоэкосоциосистемы, в частности пойменно-руслowych комплексов. Анализ факторов геоэкологического состояния ПРК той или иной территории служит основой для дальнейшей работы по оптимизации природопользования и разработки прогнозов развития данных геосистем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аношкин А.В. Динамика антропогенных форм рельефа в районах разработок россыпных месторождений (Амуро-Сутарский золотоносный район) // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2017. № 4. С. 13–20.
2. Аношкин А.В. Пойменно-русловые комплексы рек среднего течения реки Амур // Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 44–49.
3. Аношкин А.В. Типы пойменно-руслowych комплексов рек Еврейской автономной области с точки зрения устойчивости их к антропогенной нагрузке // Региональные проблемы. 2011. Т. 14, № 2. С. 82–86.
4. Аношкин А.В. Типы русловых процессов на реках Среднеамурской низменности // Региональные проблемы. Т. 18, № 2. 2015. С. 44–49.
5. Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое состояние пойменно-руслowych комплексов Европейской части России (факторы, критерии, районирование) // Проблемы оценки экологической напряженности Европейской территории России: факторы, районирование, последствия. М.: МГУ, 1996. С. 88–101.
6. Горюхин М.В. Влияние разработки месторождений полезных ископаемых на речные системы (на примере Еврейской автономной области) // Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 176–180.
7. Зубарев В.А. Влияние осушительной мелиорации на содержание тяжелых металлов в пойменных почвах Среднеамурской низменности // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 4 (28). С. 6–16.
8. Костин И.С., Покровская Т.В. Климатология. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1953. 427 с.
9. Махинов А.Н. Современное рельефообразование в условиях аллювиальной аккумуляции. Владивосток: Дальнаука, 2006. 232 с.
10. Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: ООО «Корона», 2009. 684 с.

FACTORS OF MODERN ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE FLOODPLAIN-CHANNEL LANDSCAPE COMPLEXES IN THE MIDDLE COURSE OF THE AMUR RIVER

A.V. Anoshkin

The paper presents an overview of natural and anthropogenic factors that determine the current development processes and condition of floodplain-channel complexes in the south of the Russian Far East. Natural factors are represented by channel processes, peculiarities of the hydrological regime of rivers, slope processes on the sides of valleys. Anthropogenic factors typical for the territory under consideration are represented by hydrotechnical constructions (mainly dams for dumping), urbanization of floodplain-channel complexes, development of placers, and melioration in river valleys.

Keywords: *floodplain-channel complex, geoecological state, channel deformations, hydrological regime, anthropogenic load, alluvial deposits, agricultural melioration, hydraulic engineering structures*

УДК 543.38(571.620)

КОМПЛЕКСНАЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ТУМНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯВ.А. Потурай¹, С.С. Строчинская², В.Н. Компаниченко¹¹Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679000,
e-mail: poturay85@yandex.ru, kompanv@yandex.ru;²Санаторий-профилакторий «Горячий ключ» ДСС ДВОСТ ж.д.- филиала ОАО «РЖД»,
Хабаровский край, Ванинский р-н, п. Тумнин,
e-mail: sveta-strochinskaja@rambler.ru

В работе приводятся результаты комплексного биогеохимического исследования термальной воды Тумнинского геотермального месторождения. Термальные воды слабоминерализованные, щелочные, гидрокарбонатно-натриевые. Микроэлементный состав характеризуется повышенным содержанием мышьяка, железа, марганца, молибдена, серебра и хрома. Среди органических соединений преобладают терпены, алканы, изоалканы и эфир. Молекулярно-массовое распределение углеводов указывает на биогенный, преимущественно бактериальный генезис органического вещества.

Ключевые слова: ионный состав, микроэлементы, органическое вещество, алканы, генезис.

Актуальность

Тумнинские термы относятся к группе азотных термальных вод, которая широко распространена в пределах континентальной части российского Дальнего Востока. Формирование этой группы источников обусловлено наличием разрывных нарушений и зон тектонической трещиноватости в массивах кристаллических пород, а нагревание происходит за счет нормального «платформенного» термоградиента. На их базе действуют различные санатории и бальнеолечебницы, что делает важным контроль качества термальной воды, используемой для лечения людей. Кроме этого, несмотря на многочисленные исследования, химический состав воды является не до конца изученным, в частности, состав органического вещества. Ранее Тумнинские термальные воды подвергались широкому исследованию ионного, микроэлементного и газового составов [1–3, 5, 6, 15]. Кроме этого, был изучен и качественный состав органического вещества в термальных водах Дальнего Востока [8–10, 13, 18, 19] и Тумнинских терм в частности [7, 11]. Однако комплексной биогеохимической характеристики Тумнинского термального поля, включающей в себя изучение ионного и микроэлементного состава, общей радиоактивности и состава органического вещества, проведено не было, что и явилось целью настоящей работы.

Объект и методы

Тумнинские термальные воды находятся в Хабаровском крае, примерно в 30 км от Татарского пролива, северо-западнее г. Советская Гавань (рис. 1). Они принадлежат Буреинско-Охотской области распространения азотных терм и связаны с крупной зоной тектонического контакта гранитов и андезито-базальтов кузнецовской свиты эоцена. На Тумнинском участке развиты в равной степени интрузивные умеренно кислые породы на западной и эффузивные основные на восточной половинах участка, разделяемые сбросом [2, 5, 6].

Выходы источников приурочены к левобережной части долины горного руч. Чопэ, правого притока р. Тумнин. В пределах участка существуют порово-пластовые, трещинно-пластовые и трещинно-жильные воды. На месторождении эксплуатируются две скважины № 8 и № 9, с температурой воды 46 °С и 43 °С и глубиной 532 и 300 м соответственно (рис. 2 и 3). Скважины располагаются в санитарной зоне строгого режима, выше поселка Тумнин и инфраструктуры санаториев по течению ручья. Базовая температура по кварцу – 86 °С [15]. Дебит скважин составляет 700 м³/сут. Растворенные газы представлены, в основном, атмосферным азотом с незначительной примесью других газов (O₂, CO₂, CH₄) [3].

Пробы термальной воды Тумнинского месторождения для анализа солевого состава и ми-

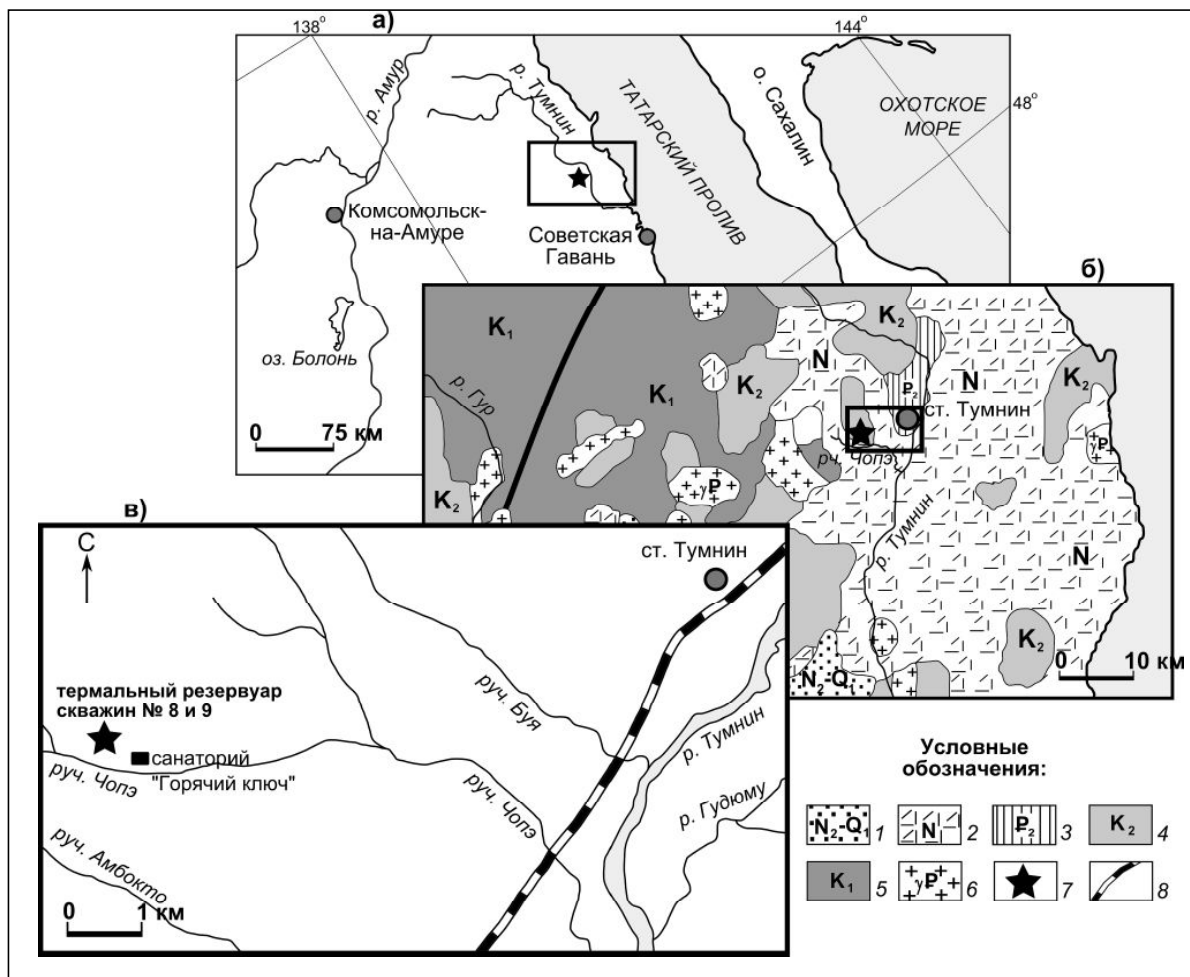


Рис. 1. Обзорная карта с местом расположения Тумнинского термального поля (а), схематическая геологическая карта района Тумнинского месторождения термальных вод, по [4] (б) и схема расположения термального резервуара и санатория «Горячий ключ» (в)
 1 – плиоцен-нижний неоплейстоцен; 2 – неогеновые отложения; 3 – палеогеновые нерасчлененные отложения; 4 – верхнемеловые отложения; 5 – нижнемеловые отложения; 6 – палеогеновые интрузии: граниты, лейкограниты, гранит-порфиры, гранодиориты, гранодиорит-порфиры, граносиенит-порфиры, щелочные граниты; 7 – Тумнинское месторождение термальных вод; 8 – железная дорога

Fig. 1. Overview map showing the Tumnin thermal field (a); Schematic geological map of the Tumnin thermal springs [4] (b); Scheme of locations of the thermal reservoir and the GoryachyKlyuch health resort (v)

1 – Pliocene-Lower Neoplestocene; 2 – Neogene deposits; 3 – Paleogene undivided sediments; 4 – Upper Cretaceous deposits; 5 – Lower Cretaceous deposits; 6 – Paleogene intrusions: granites, leucogranites, granite-porphyry, granodiorite, granodiorite-porphyry, granosyenite-porphyry, alkali granites; 7 – Tumнин thermal springs; 8 – the railway

кроэлементов были отобраны из скважины № 9 26 апреля 2017 г. в специально подготовленную тару, в соответствии с ГОСТ 23268.0-91. Анализ проводился в испытательной лаборатории ФГБУ Центр агрохимической службы «Хабаровский». Определялись водородный показатель и фтор на анализаторе жидкости «Анион 4100» в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 и ГОСТ 23268.18-78.

Метакремниевая кислота, нитраты, нитриты, бор, аммиак и аммоний на спектрофотометре «Спеккол-11» в соответствии с РД 52.24.432-05, ГОСТ 23268.9-78, 8-78, 10-78 и ГОСТ 31949-12. Микроэлементы (Al, Ba, Be, Cd, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Pb, Se, Ag, Sr, Cr, Zn) определялись на ICP Vista AX PRO в соответствии с ПНДФ 14.1:2:4.135-98. Железо и ртуть анализировались на ААС «КВАНТ-2

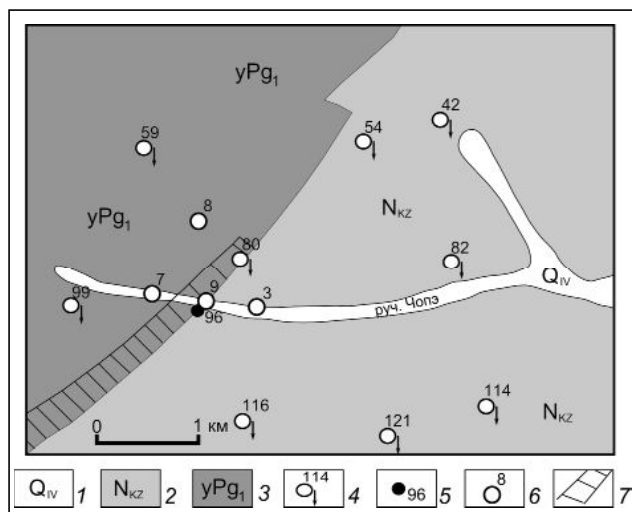


Рис. 2. Гидрогеологическая схема Тумнинского геотермального месторождения, по [6]

1 – водоносный горизонт современных аллювиальных отложений малых рек и ручьев; 2 – водоносный горизонт в миоценовых эффузивных образованиях кизинской свиты; 3 – подземные воды зоны выветривания в палеогеновых интрузивных породах; 4 – родник нисходящий, цифра сверху – номер на карте водопунктов; 5 – родник восходящий термальный, цифра снизу – номер на карте водопунктов; 6 – Скважины, цифра сверху – фактический номер; 7 – зоны трещинно-жильной водоносной системы, перспективные для поиска термальных вод

Fig. 2. Hydrogeological scheme of the Tumnin geothermal deposit [6]

1 – Aquifer of modern alluvial sediments of small rivers and streams; 2 – Aquifer in the Miocene effusive formations of the Kizin suite; 3 – Under ground waters of the weathering zone in Paleogene intrusive rocks; 4 – Downward spring (figure on the top – water inflows on the map); 5 – Thermal upward spring (figure on the bottom - water inflows on the map); 6 – Wells (figure on the top – the actual number); 7 – Fracture-vein aquifer system zones, promising to search for thermal waters

АТ» по ПНДФ 14.1:2:4.139-98 и 136-98. Общая альфа-активность измерялась на альфа-радиометре Прогресс, а общая бета-активность на бета-спектрометре Прогресс.

Ионы натрия и калия, кальций, магний, хлор, сульфаты, карбонаты и гидрокарбонаты определялись в лаборатории гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции санатория

«Кульдур» в соответствии с нормами. Пробы были отобраны из скважины № 9 12 сентября 2011 г. Определение магния, кальция, хлора, карбонатов и гидрокарбонатов осуществлялось титриметрическим методом. Сульфаты определялись турбидиметрическим методом. Определения натрия и калия производились в сумме расчетным путем исходя из разности суммы эквивалентов анионов и катионов.

Пробы воды для определения качественного состава органических соединений средней летучести были отобраны в бутылки из темного стекла с пришлифованной пробкой емкостью 250 мл 8 июня 2010 г. из скважины № 9. В качестве сравнения также были отобраны пробы воды из скважины № 8 и руч. Чопэ. До анализа в лаборатории пробы воды хранились в холодном месте не более 2 суток. Концентрат органических соединений получали методом твердофазной экстракции. Определение органических соединений осуществлялось капиллярной газовой хроматографией в сочетании с масс-спектрометрией на Shimadzu GCMS-QP2010S. Подробнее методика анализа описана в [10, 12]. Для более надежной идентификации спектры регистрировали в режиме селективного ионного мониторинга (СИМ) по характеристическим ионам (m/z 57; 73; 91; 120; 128; 134; 142; 178; 192). Для каждого соединения была рассчитана относительная площадь в процентах. Сумма всех соединений, установленных в пробе, равнялась 100%. Твердофазная экстракция и хроматомасс-спектрометрический анализ проводились в лаборатории Хабаровского краевого центра экологического мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (КЦЭМП).

Результаты исследования и их обсуждение

Макрокомпоненты. В табл. 1 приведен макрокомпонентный состав, pH и минерализация термальной воды из скважины № 9 Тумнинского геотермального месторождения. Вода щелочная, слабоминерализованная. Среди катионов преобладает натрий. При увеличении температуры воды натрий активно выщелачивается из водовмещающих пород в системе «вода–гранит». При этом содержание кальция связано обратной зависимостью, поэтому наблюдается его низкое содержание. Это косвенно подтверждается и тем, что концентрация натрия ниже в окружающих холодных водах неглубокой циркуляции [14, 15]. Доля калия в сумме с катионом натрия является незначительной (около 1,5–2%), так как калий практически не вступает в реакции взаимодействия в системе «вода–порода». Ион магния, как правило, в ще-

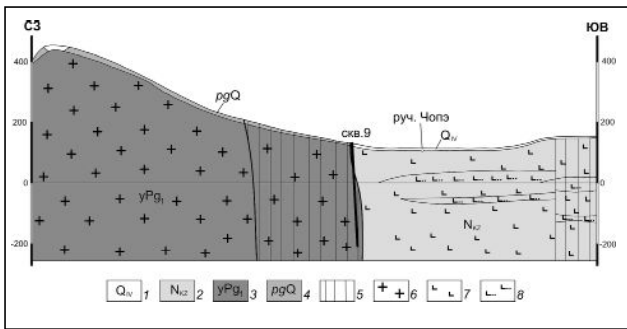


Рис. 3. Геологический разрез–схема Тумнинского геотермального месторождения, по [6]

1 – водоносный горизонт в современных аллювиальных отложениях малых рек и ручьев; 2 – водоносный горизонт в миоценовых эффузивных образованиях кизинской свиты; 3 – практически безводные палеогеновые интрузивные образования; 4 – полигенетические отложения; 5 – трещино-жильные водоносные системы в региональных тектонических зонах; 6 – гранодиориты, граниты; 7 – базальты; 8 – туфы, кластолавы базальтов

Fig. 3. Geological cross-section of the Tumnin geothermal deposit [6]

1 – Aquifer in modern alluvial sediments of small rivers and streams; 2 – Aquifer in the Miocene effusive formations of the Kizin suite; 3 – Waterless Paleogene intrusive formations; 4 – Polygenetic deposits; 5 – Fissure-vein aquifer systems in regional tectonic zones; 6 – Granodiorites, granites; 7 – basalts; 8 – Tuffs, basalt clastolava

лочных термальных водах имеет низкие значения, не исключение и Тумнинские источники, где магний содержится в количестве 0,4 мг на литр. При этом, как видно из литературных данных, магний в холодных водах достигает более высоких значений [15].

Содержание кремниевой кислоты относительно высокое (около 80 мг/дм³). Преимущественно этот макрокомпонент обуславливает бальнеологическую ценность азотных термальных вод. Известно, что содержание кремниевой кислоты в растворе более 50 мг/дм³ придает воде терапевтический эффект. Ее концентрация в целом зависит от температуры и давления, при которых формируются термальные воды, поэтому в аналогичных азотных термах с более высокой температурой ее концентрация будет выше (Анненские термы – температура 54 °С, кремнекисло-

та – 91 мг/дм³ [1]; Кульдурские термы – температура 73 °С, кремнекислота 142 мг/дм³ [10]).

В анионном составе преобладают карбонат- и гидрокарбонат-ионы. Это, в принципе, типично для азотных термальных вод, имеющих, как правило, содовый состав (среди катионов преобладает натрий, среди анионов – гидрокарбонат-ион). Содержание гидрокарбоната в азотных термах Сихотэ-Алиня в три раза выше, чем в окружающих холодных водах [15]. Хлориды и сульфаты гораздо менее распространены.

Микрокомпоненты. Среди микрокомпонентов обращает на себя внимание мышьяк, концентрация которого достигает 22 мкг/дм³ (табл. 1). ПДК мышьяка для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 0,01 мг/дм³ (10 мкг/дм³). Однако его концентрация в термальных водах зачастую выше за счет более активного взаимодействия воды с водовмещающими породами при высокой температуре. В некоторых случаях именно ему приписывают бальнеологическое действие вод. При этом для отнесения вод к мышьяковистым необходимо содержание мышьяка в воде более 0,7 мг/дм³ (более 700 мкг/дм³). В аналогичных термах Сихотэ-Алиня концентрации As колеблется от 6,5 до 19 мкг/дм³ [15].

Содержание железа, марганца и молибдена в Тумнинских термах, наряду с мышьяком, тоже достаточно высокое, хотя и не превышает предельно допустимых значений. В окружающих хо-

Таблица 1
Показатели солевого состава термальной воды скважины № 9 Тумнинского геотермального месторождения

Table 1
Parameters of salt composition in thermal water from the well № 9 in the Tumnin geothermal deposit

№ п/п	Наименования показателя	Обозначение	Содержание, мг/дм ³
1.	Водородный показатель	pH	9,5
2.	Общая минерализация	M	175,4 ± 6
3.	Аммиак и ион аммония	NH ₄ ⁺	0,1
4.	Катионы натрия и калия	Na ⁺ + K ⁺	35,2
5.	Кальций	Ca ²⁺	2,8
6.	Магний	Mg ²⁺	0,4
7.	Хлориды	Cl ⁻	1,4
8.	Сульфаты	SO ₄ ²⁻	7,2
9.	Карбонат- и гидрокарбонат-ионы	CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻	60,5
10.	Нитраты	NO ₃ ⁻	0,75 ± 0,15
11.	Нитриты	NO ₂ ⁻	<0,5
12.	Метакремниевая кислота	H ₂ SiO ₃	76,7 ± 7,7

Таблица 2
Микроэлементы в термальной воде скважины № 9
Тумнинского геотермального месторождения
Table 2
Microelements in thermal water from well № 9
in the Tumnin geothermal deposit

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Содержание, мкг/дм ³
1.	Алюминий	Al	20
2.	Барий	Ba	< 1
3.	Бериллий	Be	< 0,1
4.	Бор	B	12
5.	Железо	Fe	96
6.	Кадмий	Cd	0,2
7.	Литий	Li	10
8.	Марганец	Mn	9
9.	Медь	Cu	6
10.	Молибден	Mo	15
11.	Мышьяк	As	22
12.	Никель	Ni	< 1
13.	Ртуть	Hg	< 0,01
14.	Свинец	Pb	4
15.	Селен	Se	< 5
16.	Серебро	Ag	< 5
17.	Стронций	Sr	14
18.	Фтор	F	< 0,2 мг/дм ³
19.	Хром	Cr	8
20.	Цинк	Zn	19

лодных водах концентрация железа ниже (около 40 мкг/дм³) [15]. Марганец имеет тесную геохимическую связь с железом, поэтому его содержание тоже повышенное. Молибден в щелочной среде обычно выше, чем в кислой, поэтому его концентрация в щелочных Тумнинских водах достигает 15 мкг/дм³. По данным О.В. Чудаева, значение железа и марганца в термальных водах Сихотэ-Алиня ниже и составляет для железа 5–13 мкг/дм³, марганца – 0,06–0,28 мкг/дм³. Содержание лития в исследуемых термальных водах достаточно высокое и практически на порядок превышает значение лития в окружающих пресных холодных водах [15]. Концентрация серебра и хрома заметно выше, чем для аналогичных термальных вод Сихотэ-Алиня. По данным Б.С. Архипова, серебро и хром в Тумнинских и Анненских термах вообще отсутствуют, а в Чомэнских источниках их содержание составляет 0,032 и 0,89 мкг/дм³ [1]. Концентрации остальных микрокомпонентов, установленных в Тумнинских термах, примерно такие же, как и для термальных вод Сихотэ-Алиня [1, 15].

Кроме этого, производилось измерение общей радиоактивности Тумнинских термальных вод. Результаты говорят о невысокой радиоактив-

ности термальной воды (табл. 3), при этом ПДК для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения составляет 0,2 Бк/дм³ для альфа-активности и 1 Бк/дм³ для бета-активности.

Органическое вещество. Были изучены органические соединения средней летучести. Это многочисленная группа компонентов органической природы с молекулярной массой от 50 до 500 а.е.м. Сюда входит большинство гомологических рядов органических соединений, распространенных в природе, за исключением легких углеводородных газов и «тяжелых» нелетучих или малолетучих веществ. Полный список установленных соединений, гомологические ряды и относительные содержания приведены в табл. 4.

Установлено 40 органических соединений, которые составляют 8 гомологических рядов. При этом на долю терпенов, алканов, изоалканов и эфира приходится в сумме более 90% от состава всего установленного органического вещества. Терпены, а именно сквален и его изомеры, – это компоненты биогенного происхождения, являются биохимическими предшественниками тритерпанов (изопреноидные соединения, входящие в состав липидов практически всех растений). Именно живые организмы являются основным источником сквалена в природе, в частности, в поверхностных и подземных водах, откуда эти компоненты могут поступать и в термальные воды, которые они питают. Поэтому наличие терпенов в исследуемых термах и их значительное относительное содержание (49%) связывается с биогенным генезисом. Следует отметить, что температура Тумнинской термальной воды, вероятно, ограничивает жизнедеятельность большинства живых организмов, обитающих в холодных водных экосистемах, зато позволяет жить и развиваться различным термофильным комплексам, которые являются потенциальным источником органического вещества.

Изоалканы представлены всего двумя соединениями, но занимают они в сумме до 10%. Изомерные углеводороды могут образовываться в результате микробиологической переработки орга-

Таблица 3
Общая радиоактивность термальной воды скважины № 9 Тумнинского геотермального месторождения
Table 3
Total radioactivity of thermal water from the well № 9 in the Tumnin geothermal deposit

№ п/п	Наименование показателя	Значение, Бк/дм ³
1.	Общая альфа-активность	< 0,0013
2.	Общая бета-активность	< 0,3

Соединения, идентифицируемые в экстракте термальной воды из скважины № 9 Тумнинского геотермального месторождения

Detected compounds in the thermal water extract from the well № 9 in the Tumnin geothermal deposit

№ п/п	соединения	Доля, %	№ п/п	соединения	Доля, %
1. Алканы		26,5	23.	изоалкан	6,4
1.	декан	след	3. Ароматические углеводороды		3,9
2.	ундекан	след	24.	2,6-дитретбутил-п-крезол	1,7
3.	додекан	след	25.	2.4.6-три-трет-бутил-фенол	2,2
4.	тридекан	след	26.	этилбензол	след
5.	тетрадекан	след	27.	м+п-ксилолы	след
6.	пентадекан	1,1	28.	о-ксилол	след
7.	гексадекан	4,9	29.	бензол С9	след
8.	гептадекан	1,6	30.	бензол С9	след
9.	октадекан	след	31.	бензол С9	след
10.	эйкозан	след	4. ПАУ		след
11.	генэйкозан	след	32.	нафталин	след
12.	доказан	след	33.	2- метилнафталин	след
13.	трикозан	2,6	34.	1- метилнафталин	след
14.	тетракозан	2,9	5. Эфиры		6,1
15.	пентакозан	2,1	35.	миристил-миристат	6,1
16.	гексакозан	4,6	6. Альдегиды		1,8
17.	гептакозан	3,7	36.	нонаналь	след
18.	октакозан	1,7	37.	деканаль	1,8
19.	нонакозан	1,3	7. Хиноны		3,2
20.	триаконтан	след	38.	2,6-дитретбутил-п-бензохинон	3,2
21.	гентриаконтан	след	8. Терпены		49
2. Изоалканы		9,5	39.	сквален	46,6
22.	изоалкан	3,1	40.	сквален (изомер)	2,4

Примечание: «след» – соединения, установленные только на хроматограмме СИМ

нического вещества. Они широко синтезируются бактериями. Миристил миристат также биогенно происхождения. Это эфир миристиновой кислоты, которая наряду с пальмитиновой является наиболее широко распространенной в живом мире. Остальные соединения в сумме не превышают 10%. Хиноны и альдегиды также биогенного происхождения, а ароматические углеводороды, в том числе и полициклические, могут поступать в воды в результате экстрагирования из водовмещающих пород, где ароматические структуры возможно присутствуют в составе лигнина, дубильных веществ и ароматических аминокислот [17].

Для аналогичных термальных вод Приамурья (Кульдурские и Анненские источники) состав органического вещества немного отличается [9, 10]. Здесь, наряду с алканами, характерными являются ароматические углеводороды (для Кульдурских источников) и эфиры (для Анненских термальных вод). Явно биогенные компоненты,

такие как терпены и стероиды, здесь незначительно распространены. Кроме этого, ароматические углеводороды в высокотемпературной воде Кульдурского (температура воды 73 °С) и Анненского (температура воды 54 °С) термального поля могут иметь абиогенный генезис и образовываться в результате химического ре-синтеза разложенного органического вещества. Следует отметить, что в воде из скважины № 8 Тумнинского месторождения, где температура воды выше, чем в скважине № 9, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) также возможно образовались в ходе химического ре-синтеза биогенных органических остатков (в результате процессов гидрирования биогенных смоляных кислот при высокой температуре) [11].

Предельные углеводороды или алканы также являются типичными для термальной воды Тумнинского месторождения и занимают 26,5% от состава всего установленного органического-

го вещества. Эти компоненты очень удобны для использования их в качестве биомаркеров. Они устойчивы в течение длительного геологического времени и, соответственно, сохраняют первичную геохимическую информацию. При этом используют различные критерии молекулярно-массового распределения алканов в водном объекте. Это индексы нечетности (СРІ и ОЕР) и группы характерных гомологов [16, 17, 20]. Данные по молекулярно-массовому распределению алканов в Тумнинской термальной воде приведены в табл. 5. Также в качестве сравнения приводятся данные по алканам в аналогичных Кульдурских и Анненских термальных водах и в руч. Чопэ, на левом берегу которого расположена скважина № 9 Тумнинского месторождения.

В термальной воде наблюдается примерно равное содержание низко- и высокомолекулярных гомологов, при этом максимумы приходятся на алканы C_{16} и C_{26} . Гомолог C_{16} (гексадекан) – бактериальный алкан, широко синтезируемый бактериями. Максимального распространения также достигает бактериальная группа гомологов – C_{16} , C_{20} – C_{24} до 30%. Это указывает на то, что основная часть алканов образовалась здесь в результате бактериальной деятельности. Это подтверждается и индексом нечетности ОЕР₂₃, значение которого выше единицы. Все это, наряду с особенностями состава органического вещества, говорит о том,

что органические соединения средней летучести в термальной воде из скважины № 9 Тумнинского месторождения имеют биогенное происхождение (преимущественно бактериальное).

В Кульдурских и Анненских термальных водах при подавляющем преобладании алканов с длинной цепью индексы нечетности, особенно индекс СРІ, равны единице. Это говорит о том, что углеводороды здесь образовались в результате химического ре-синтеза органических остатков растительного происхождения [13]. В руч. Чопэ картина иная. Здесь наблюдается резкое преобладание низкомолекулярных гомологов, при этом группа характерных гомологов – это алканы C_9 – C_{14} без дискриминации по четности–нечетности атомов углерода. Учитывая низкую температуру и отсутствие контакта воды с глубинными породами земной коры, образование этой группы алканов в результате термогенных процессов представляется маловероятным, как это имеет место, например, в Паратунской гидротермальной системе [13]. Широкое распространение низкомолекулярных гомологов C_9 – C_{14} до 63% связано, вероятно, с локальным загрязнением руч. Чопэ, возможно, горюче-смазочными материалами. В более высокомолекулярной области алканов индексы нечетности ОЕР₁₇ и ОЕР₂₇ выше единицы, что указывает уже на биогенное происхождение высокомолекулярных гомологов здесь.

Таблица 5

Молекулярно-массовое распределения алканов в Тумнинской термальной воде из скважины № 9, в термальных водах Приамурья [13] и руч. Чопэ

Table 5

Molecular-mass distribution of alkanes in the Tumnin thermal water from the well № 9, in thermal waters of the Amur Territory [13], and in the Chopae stream

Критерий распределения	Тумнинские термы	Кульдурские термы	Анненские термы	руч. Чопэ
C_{max}	$C_{16}; C_{26}$	$C_{10}; C_{27}$	$C_{11}; C_{28}$	$C_{11}; C_{24}$
$\sum n-C_9-C_{14}, \%$	12,1	7	7,2	63
$\sum n-C_{15}; C_{17}; C_{19}, \%$	12,1	2,3	0,9	13,6
$\sum n-C_{16}; C_{20}-C_{24}, \%$	29,9	17,4	11,4	13,3
н/в	0,8	0,2	0,1	6,7
нч/ч	1	1	1	1
ОЕР ₁₇	0,8	1,1	–	1,5
ОЕР ₁₉	–	1	0,9	–
ОЕР ₂₃	1,7	1,1	1,1	1,2
ОЕР ₂₅	1,2	1	1	0,8
ОЕР ₂₇	0,9	1,1	0,8	3,2
ОЕР ₂₉	1	1,2	0,8	–
СРІ	1,1	1	1	1,2

Примечание: н/в – отношение низкомолекулярных алканов (до $n-C_{22}$) к высокомолекулярным гомологам (от $n-C_{23}$); нч/ч – отношение нечетных парафинов к четным во всей фракции. «–» – критерий не рассчитан из-за отсутствия гомологов в пробе

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования были изучены ионно-солевой и микрокомпонентный составы, а также состав органического вещества средней летучести в термальной воде Тумнинского геотермального месторождения. Термальные воды щелочные, слабоминерализованные, относятся к типичным содовым водам – среди катионов преобладает натрий, среди анионов – гидрокарбонаты и карбонаты. Микроэлементный состав характеризуется повышенным содержанием мышьяка, железа, марганца, молибдена, серебра и хрома, которое обусловлено высокой температурой и взаимодействием в системе «вода–порода». Среди органических компонентов широко распространены терпены, алканы, изоалканы и эфир, доля которых в сумме более 90%. Особенности состава органического вещества и молекулярно-массового распределения углеводородов указывают на их биогенный, преимущественно бактериальный генезис.

Благодарность

Авторы выражают благодарность администрации ОАО «РЖД» санаторий-профилакторий «Горячий Ключ» (п. Тумнин) за поддержку проведенных исследований.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Архипов Б.С. Химический состав и металлоносность термальных вод северо-восточного Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28, № 4. С. 116–122.
2. Барабанов Л.Н., Дислер В.Н. Азотные термы СССР. М.: Геоминвод, 1968. 119 с.
3. Брагин И.В., Челноков Г.А. Геохимия термальных вод Сихотэ-Алиня. Газовый аспект // Вестник ДВО РАН. 2009. № 4. С. 147–151.
4. Геологическая карта Хабаровского края и Амурской области. Масштаб 1:5 000 000 / гл. ред. Л.И. Красный. Л., 1986.
5. Завгорудько В.Н., Завгорудько Г.В., Завгорудько Т.И. Тумнинский минеральный источник. 3-е изд., перераб. и доп. Хабаровск: Изд-во ДВГМУ, 1999. 138 с.
6. Кулаков В.В., Сидоренко С.В. Минеральные воды и лечебные грязи Приамурья. Хабаровск: Изд-во ДВГМУ, 2017. 474 с.
7. Потурай В.А. Алифатические и ароматические углеводороды в термальных и поверхностных водах района Тумнинского месторождения термальных вод, Дальний Восток России // Современные проблемы регионального развития: материалы V международной научно-практической конференции. Биробиджан, 2014. С. 81–82.
8. Потурай В.А. Вариации состава органического вещества в Кульдурских термальных водах // Территориальные исследования: цели, результаты и перспективы: тезисы VIII Всероссийской школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов. Биробиджан: ИКАРПИ ДВО РАН – ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2015. С. 25–28.
9. Потурай В.А. Органическое вещество в подземных и поверхностных водах района Анненского геотермального месторождения (Дальний Восток) // Геохимия. 2017. № 4. С. 372–380.
10. Потурай В.А. Органическое вещество в подземных и поверхностных водах района Кульдурского месторождения термальных вод, Дальний Восток России // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. № 1, вып. № 21. С. 169–182.
11. Потурай В.А. Органическое вещество в термальных и поверхностных водах района Тумнинского месторождения термальных вод, Дальний Восток России // Известия ТПУ. 2014. Т. 324, № 3. С. 44–52.
12. Потурай В.А. Органическое вещество в холодных подземных водах районов азотных терм Приамурья // Региональные проблемы. 2016. Т. 19, № 4. С. 59–66.
13. Потурай В.А. Состав и распределение n-алканов в азотных термах Дальнего Востока России // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 109–119.
14. Потурай В. А. Сравнение химического состава термальных, сточных и грунтовых вод Кульдурского района // Региональные проблемы. 2010. Т. 13, № 2. С. 92–95.
15. Чудаев О.В., Чудаева В.А., Брагин И.В. Геохимия термальных вод Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27, № 6. С. 73–81.
16. Bray E.E., Evans E.D. Distribution of n-paraffines as a clue to recognition of source beds // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1961. Vol. 22, N 1. P. 2–15.
17. Hunt J.M. *Petroleum geochemistry and geology*. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1979. 617 p.
18. Kompanichenko V.N., Poturay V.A., Rapoport V.L. Organic Matter in Hydrothermal Systems on the Russian Far East in the Context of Prebiotic Chemistry // *Origins of Life and Evolution of Biospheres*. 2010. Vol. 40. P. 516–517.

19. Kompanichenko V.N., Poturay V.A., Shlufman K.V. Hydrothermal systems of Kamchatka as the model for prebiotic environment // *Origins of Life and Evolution of Biospheres*. 2015. Vol. 45, N 1–2. P. 93–103.
20. Konn C., Charlou J.L. New insight into the contributions of thermogenic processes and biogenic sources to the generation of organic compounds in hydrothermal fluids // *Geobiology*. 2011. Vol. 9, N 1. P. 79–93.

COMPLEX BIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE TUMNIN SPRINGS THERMAL WATER

V.A. Poturay, S.S. Strochinskaja, V.N. Kompanichenko

The results of complex biogeochemical exploration of the Tumnin geothermal deposit thermal water are given in the paper. The thermal water is slightly mineralized, alkaline, hydrocarbonate-sodium. The microelement composition is characterized by a prevalent content of arsenic, iron, manganese, molybdenum, silver, and chromium. Terpenes, alkanes, isoalkanes, etc. predominate among organic compounds. The distribution of hydrocarbons molecular mass indicates a biogenic, mainly bacterial, genesis of organic matter.

Keywords: ionic composition, microelement, organic matter, alkane, genesis.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОДВ.В. Мороз¹, Т.А. Шатилина²¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
ул. Балтийская 43, г. Владивосток, 690041,
e-mail: pacific@vlad.ru²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
пер. Шевченко 4, г. Владивосток, 690091,
e-mail: tinro@tinro-center.ru

С использованием массивов гидрологических и метеорологических данных полувекового периода наблюдений в районе пролива Лаперуза и прилегающей акватории Японского моря исследованы особенности термohалинной структуры вод. Выявлена зависимость формирования структуры вод от изменчивости водообмена и атмосферных процессов. Показана связь аномальных гидрологических условий в северо-восточной части Японского моря с Охотским антициклоном и вторжениями охотоморских вод при прохождении над районом глубоких циклонов в летний период. Ситуации резкого изменения термических условий отрицательно отражаются на условиях обитания гидробионтов.

Ключевые слова: Японское море, пролив Лаперуза, структура вод, вторжения охотоморских вод, Охотский антициклон.

Введение

Северо-восточная акватория Японского моря, прилегающая к побережью о. Сахалин, и зона пролива Лаперуза – богатый биологически ресурсами район активного промысла и перспективного освоения шельфа. В то же время это сложный в океанологическом отношении район, особенности гидрологии которого определяются комплексом структурообразующих элементов, таких как муссонный характер атмосферных процессов с сезонным ходом направления ветров; приливные явления; перераспределение океанологических характеристик на акватории системой течений на фоне сложной топографии. Особенности гидрологического режима определяют здесь локальные условия обитания гидробионтов. Однако до сих пор остаются открытыми вопросы, касающиеся понимания причин экстремальных гидрологических условий, в частности – аномальных похолоданий вод в северо-восточной зоне Японского моря в летний период.

Еще при первых наблюдениях аномальных похолоданий прибрежных вод в июне–июле [6] отмечалось, что резкая смена термических условий в данном районе губительно отражается на нагуливающейся здесь в эти месяцы молодежи анчоуса, скумбрии, сельди и кальмаров. Было высказано предположение, что аномалии связаны

с прохождением глубоких циклонов, когда над проливом Лаперуза и заливом Анива создается система смены ветров по схеме север–восток–юг. При этом было выявлено еще с первых исследований во времена С.О. Макарова в конце XIX в. и подтверждено современными исследованиями [5, 7], что у южной оконечности о. Сахалин в проливе существует отрицательная температурная аномалия, которую питают холодные воды Охотского моря, поступающие сюда, как предполагается, с приливом. При исследовании причин аномальных похолоданий прибрежных вод у юго-западного побережья о. Сахалин было также высказано предположение, что при сильных восточных ветрах над юго-западной частью Охотского моря после прохождения южных циклонов возможно поступление холодных вод к юго-западной оконечности о. Сахалин [6]. Однако в течение летнего сезона через Японское море проходит иногда по 2 глубоких циклона в месяц, и только один из них оказывается «роковым». Проведенные ранее исследования, в том числе анализ синоптических материалов, не дали каких-либо особых черт именно этих циклонов [5–7].

Ввиду важности освоения биоресурсов района нерешенные до настоящего времени вопросы, касающиеся понимания особенностей гидрологических условий района, требуют тщательного изу-

чения. Целью данной работы является выявление механизмов формирования аномальных гидрологических условий в июле (периоде, во многом определяющем здесь условия выживаемости молодежи промысловых объектов) с учетом указанных структурообразующих элементов района.

Материалы и методы исследований

В работе использованы: массив гидрологических данных, полученных на основе натуральных измерений с шагом 10 км в 100-мильной шельфовой зоне о. Сахалин за полувековой период с 1948 г. [2]; ежедневные карты полей приземного атмосферного давления и геопотенциала на изобарической поверхности AT_{500} гПа в июле (архивы JMA); данные аномалий температуры воды на поверхности моря (<http://www.esrl.noaa.gov>).

Для изучения изменчивости термохалинных характеристик структуры вод в проливе Лаперуза и прилегающих акваториях применен классический метод анализа T,S-кривых, построенных в узлах сетки с шагом 10 км, а также проанализировано распределение среднесезонных полей температуры и солености на картах и разрезах за период летнего сезона (июль-сентябрь) с учетом экспедиционных наблюдений. Для оценки изменчивости температуры вод в зоне пролива и прилегающих акваториях в период прохождения глубокого циклона были привлечены данные динамики температурных аномалий.

Оценка изменчивости атмосферной циркуляции в периоды аномальных гидрологических условий основана на визуализации и сопоставлении ежедневных карт полей приземного атмосферного давления и геопотенциала на изобарической поверхности AT_{500} гПа.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований термохалинной структуры вод установлено, что в исследуемом районе в летний период наблюдаются воды субтропического и субарктического типов термохалинной структуры, имеющих ряд модификаций (табл.), связанных с особенностями их формирования. Субтропическая япономорская структура вод (СтЯ) формируется в зоне теплого Цусимского течения (япономорской ветви течения Курисио, переносящего воды субтропической структуры), и с восточной ветвью течения распространяется в северо-восточной части Японского моря к юго-восточному побережью о. Сахалин. Субарктическая япономорская структура вод (СаЯ) формируется в северной части Японского моря в Татарском проливе, гидрологический режим которого определяется более суровыми климатическими условиями, чем на основной акватории моря. Субарктическая охотоморская структура вод (СаО) формируется в охотоморской акватории и распространяется в прилегающем к проливу заливе Анива. Согласно системе циркуляции вод залива Анива [1], возможно поступление этих вод в северо-восточную зону пролива Лаперуза. В период летнего муссона в среднем характерно максимальное распространение на акватории района вод субтропической структуры с повышенными значениями термохалинных характеристик, переносимых Цусимским течением. Воды субарктической структуры имеют минимальное распространение – лишь в прибрежной северной зоне пролива.

Наиболее высокими значениями температуры и солености отличается субтропическая японо-

Термохалинные характеристики структуры вод северо-восточной части Японского моря и прилегающей акватории пролива Лаперуза в летний период

Таблица

Thermohaline characteristics of water structure in La Perouse Strait and the adjacent area of the Japan Sea in summer

Table

Водные массы	СтЯ			СаЯ			СаО		
	T, °C	S, ‰	H, м	T, °C	S, ‰	H, м	T, °C	S, ‰	H, м
Поверхностная	17.0–20.0	33.80–33.90	0–50	14.0–17.0	33.00–33.50	0–30	11.0–16.0	32.00–32.80	0–20
Подповерхностная (придонная)	10.0–16.0	33.90–34.05	50–200	5.5–13.0	33.30–33.80	30–100	5.0–10.0	32.50–33.30	20–50

Примечание: T, °C – температура, S, ‰ – соленость, H, м – глубина

морская структура вод (СтЯ), а особенно низкими значениями – субарктическая охотоморская (СаО), что определяется источниками их формирования.

В условиях мелководности акватории (около 100 м) вся толща вод представляет собой деятельный слой, подверженный комплексному влиянию изменчивости атмосферных процессов и динамики вод.

Муссонный характер атмосферной циркуляции с преобладанием ветров южных румбов в теплый период года – один из наиболее значимых факторов, определяющих распространение выделенных модификаций структуры вод. В июне–июле район северо-востока Японского моря находится под влиянием дальневосточной депрессии, а юго-западная часть Охотского моря – под влиянием области высокого давления Охотского антициклона [3, 4].

С развитием летнего муссона при ветрах южных румбов в июле увеличивается распространение теплых соленых вод субтропической структуры в северной акватории Японского моря вплоть до юго-западного побережья о. Сахалин, создавая здесь благоприятные условия обитания гидробионтов. В августе–сентябре воды субтропической структуры распространяются практически по всей акватории пролива Лаперуза с течением Соя. Как правило, лишь в северной прибрежной

зоне пролива наблюдаются воды субарктической структуры.

Проведенный нами анализ многолетней изменчивости значений поверхностной температуры воды в июле за период 1985–2015 гг. в зоне течения Соя и в северной зоне пролива Лаперуза показал, что на фоне тенденции увеличения температуры воды в зоне течения Соя в отдельные годы наблюдается как повышение, так и понижение значений температуры (рис. 1). Это свидетельствует о том, что имеет место как усиление, так и ослабление теплого течения Соя.

Вместе с тем инструментальными наблюдениями были выявлены неоднократные ситуации резкого ослабления течения Соя, сопровождающиеся быстрым понижением температуры воды в проливе [5]. При этом высказано мнение о возможности проникновения холодных охотоморских вод с приливом в прилегающую япономорскую акваторию.

Проведенный нами совместный анализ синоптических ситуаций и изменчивости поля поверхностной температуры в зоне пролива Лаперуза подтвердил высказанное ранее мнение, что механизм формирования данных температурных аномалий связан со значительным проникновением холодных охотоморских вод через пролив и далее в зону япономорской акватории к юго-за-

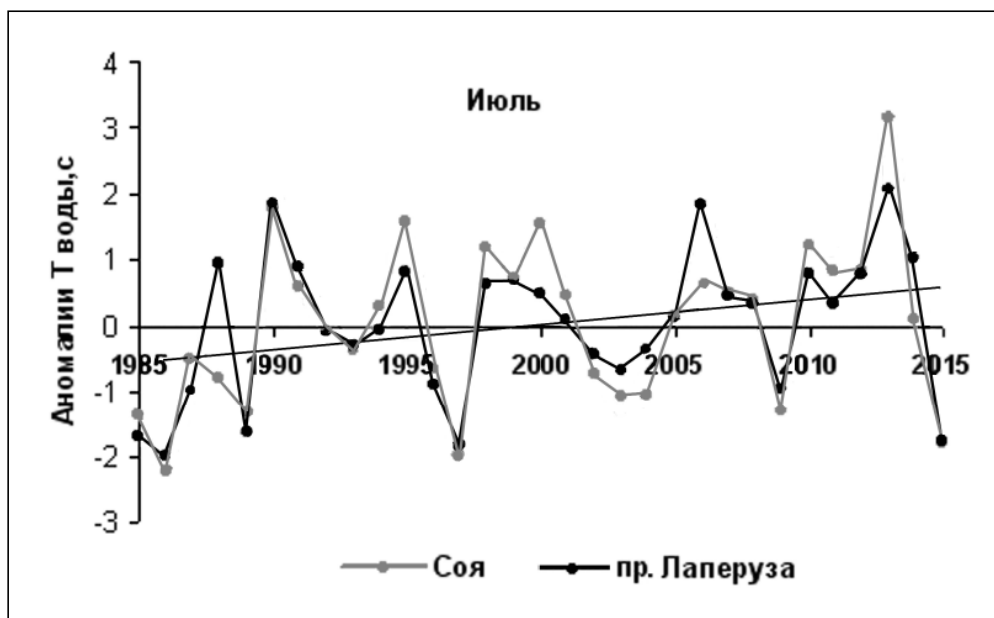


Рис. 1. Межгодовая изменчивость аномалий температуры воды в северной зоне пролива Лаперуза и в зоне течения Соя (июль)

Fig. 1. Changeability of water temperature anomalies in LaPerous Strait and Soya current (July)

падному побережью о. Сахалин в результате прохождения глубоких циклонов над островами Японии. Вместе с тем нами было установлено, что во вторжениях холодных вод важную роль играют региональные особенности атмосферных процессов и состояние температурного фона подстилающей поверхности в прилегающей к проливу акватории Охотского моря.

Так, 14–16 июля 2015 г. отмечалось прохождение глубокого южного циклона через северную часть Японии, сопровождаемое изменением южных направлений ветра на восточное в зоне пролива Лаперуза, что вызвало 16–17 июля 2015 г. заток холодных менее соленых охотоморских вод в пролив и в зону япономорской акватории (рис. 2). Отрицательные аномалии температуры у юго-западного побережья о. Сахалин составляли около 5 °С за двое суток. Подобная ситуация нами обнаружена также и в июле 2011 г. [8].

Следует отметить, что в летний период 2015 г. наблюдались отрицательные аномалии температурного фона и в проливе Лаперуза (рис. 1), что связано с формированием отрицательного температурного фона южно-охотоморской акватории.

Как нами ранее было установлено, формирование отрицательного температурного фона южно-охотоморской акватории наблюдается при активном развитии Охотского антициклона и тропосферной ложбины над Охотским морем и северной частью Татарского пролива [3, 4]. Охотский антициклон – область высокого давления, наблю-

даемая с мая по август с максимальной интенсивностью развития в июне-июле. В формировании летней погоды на Дальнем Востоке роль области высокого давления над Охотским морем и прилегающими к нему районами является определяющей [4]. При наличии области высокого давления над Охотским морем происходит вынос холодного и близкого к состоянию насыщения морского воздуха на Сахалин, в прибрежные районы Приморского и Хабаровского краев, в северную Японию. Повторяемость антициклональной циркуляции над Охотским морем от года к году подвержена значительным колебаниям, так же, как и положение области высокого давления над морем. Эти колебания и являются одной из причин аномалий летней погоды на Дальнем Востоке. Поле высокого давления над акваторией Охотского моря в июне и в июле является преобладающим. Это позволяет говорить об Охотском антициклоне (японские метеорологи иногда заменяют его термином «северный антициклон») как об одном из летних центров действия атмосферы в Восточной Азии [3, 4].

Активно развитый Охотский антициклон блокирует перемещения южных глубоких циклонов в направлении Охотского моря. Вместе с тем имеет важное значение расположение данной области высокого давления над морем. При развитии Охотском антициклоне, располагающемся над западной и юго-западной частями Охотского моря, траектории южных циклонов проходят над островами Японии таким образом, что северная

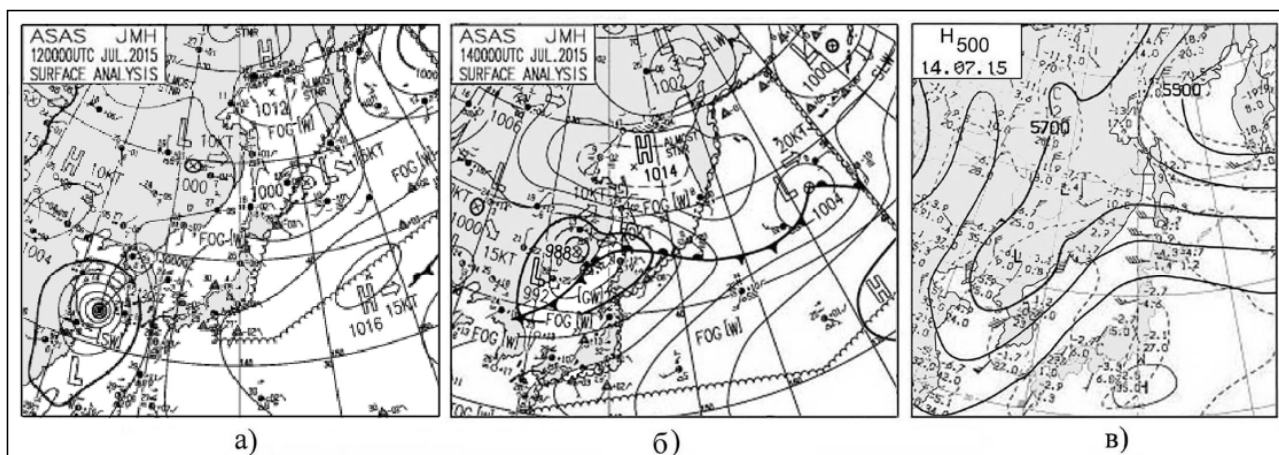


Рис. 2. Поле приземного давления до подхода южного циклона (а), поле приземного давления (б) и геопотенциала H_{500} (в) при прохождении циклона над Японией 14.07.2015 г.

Fig. 2. Surface pressure field until the arrival of the southern cyclone (a), surface pressure field (b) and geopotential H (b) with the passage of the cyclone over Japan (14.07.2015)

периферия циклона может пересекать зону пролива (как это наблюдалось при прохождении глубокого южного циклона 14–16 июля 2015 г., рис. 2).

Пересечение северной периферии циклона зоны пролива вызывает здесь резкое изменение направления ветров с южного на восточное. Изменчивость ветровых условий, в свою очередь, в значительной мере (ввиду мелководности пролива – менее 100 м) определяет развитие и направление циркуляции вод. Быстрое изменение направления ветра на фоне кратковременного изменения поля атмосферного давления способствует быстрому вторжению в пролив холодных охотоморских вод, создавая препятствия проникновению вод субтропической модификации с течением Соя. С продвижением циклона через южную часть Охотского моря далее в океан направление ветра в зоне пролива и прилегающей акватории восстанавливается на южное. Ветры южных румбов способствуют проникновению к юго-западному берегу о. Сахалин вторгшихся через пролив в Японское море охотоморских вод, о чем наглядно свидетельствует динамика температурных аномалий при прохождении южного циклона в июле 2015 г. (рис. 3).

Вторжение охотоморских вод, значительно отличающихся по своим термохалинным характеристикам от вод субтропической структуры, резко (за 1–2 суток) изменяет здесь условия среды обитания гидробионтов, приводя к катастрофическим последствиям для них.

Необходимо также учесть важную роль приливо-отливных процессов, имеющих место в проливе Лаперуза. По оценкам инструментальных

измерений, скорости приливных течений в проливе Лаперуза достигают 3–4 м/с и особенно велики в северной части пролива [5]. Как и при сильном восточном ветре, приливные течения могут перекрывать поток теплого течения Соя и выносить холодные охотоморские воды в Японское море, при этом скорости приливных течений могут быть выше скорости течения Соя. Кроме того, скорости приливных течений увеличиваются, когда смешанные приливы приобретают черты суточного, соответственно увеличивается и дальность распространения этих вод из пролива. При совпадении с фазой прилива вторжения охотоморских вод могут значительно усиливаться.

Следовательно, изменчивость региональных приливных процессов является также одним из важных составляющих в комплексе факторов, определяющих аномальные гидрологические условия в северо-восточной части Японского моря и проливе Лаперуза, в частности – аномальные вторжения охотоморских вод через пролив.

Заключение

В результате проведенных исследований выявлена структурообразующая роль пролива Лаперуза в формировании особенностей гидрологических условий прилегающей япономорской акватории.

Установлено, что на фоне тенденции увеличения температуры воды течения Соя за период 1985–2015 гг. в начале летнего периода (в июле) в проливе и у юго-западного побережья о. Сахалин имеют место резкие похолодания вод, связанные с аномальными вторжениями холодных охотоморских вод, приводящие к неблагоприятным резким

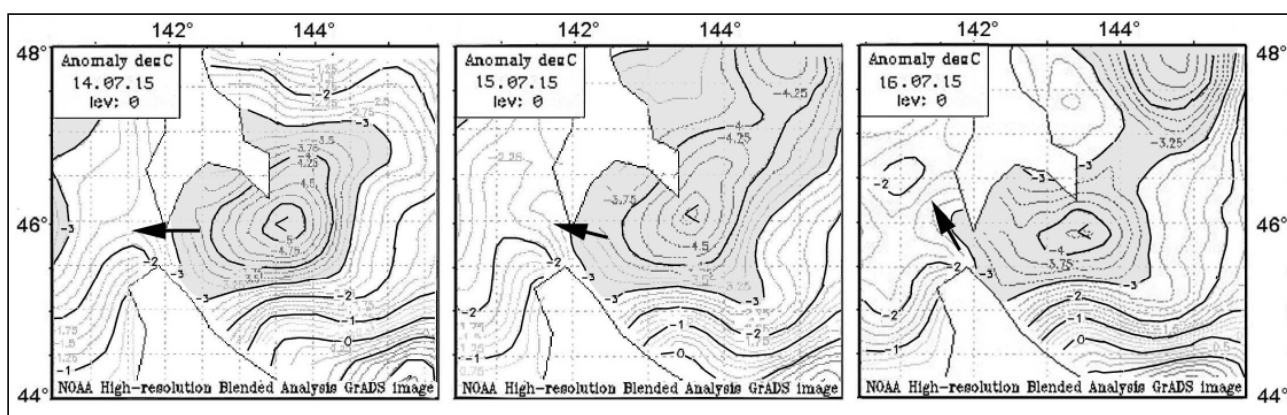


Рис. 3. Динамика температурных аномалий 14–16.07.2015 г. в проливе Лаперуза и прилегающих акваториях в результате прохождения циклона (стрелками показано направление ветра)

Fig. 3. Dynamics of temperature anomalies 14–16.07.2015 in the LaPerous Strait and adjacent areas as a result of the cyclone (the arrows indicate the direction of the wind)

изменениям условий среды обитания гидробионтов. Выявлен комплекс обуславливающих это явление факторов.

Нами обнаружено, что одним из важных факторов является структура атмосферных полей – активное развитие Охотского антициклона, способствующего выносу холодных арктических воздушных масс на акваторию Охотского моря и понижению температурного фона южно-охотоморской акватории.

Показано, что активное развитие Охотского антициклона и расположение данной области высокого давления над Охотским морем определяет траектории проходящих над островами Японии глубоких южных циклонов. При положении области высокого давления над западной и юго-западной частями Охотского моря траектории южных циклонов проходят таким образом, что северная периферия циклона пересекает зону пролива Лаперуза. Такое прохождение циклонов приводит к резкому изменению характерного направления установившихся муссонных ветров в проливе и аномальному вторжению холодных охотоморских вод через пролив к юго-западному побережью о. Сахалин.

Установлено, что важным составляющим фактором формирования аномальных гидрологических условий у юго-западного побережья о. Сахалин является изменчивость регионального характера приливов. При совпадении с фазой прилива вторжения охотоморских вод могут значительно усиливаться.

Полученные результаты исследования следует учитывать при прогнозировании аномальных гидрологических условий в данном экономически

значимом районе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Будаева В.Д., Макаров В.Г., Мельникова И.Ю. Диагностические расчеты стационарных течений в заливе Анива и проливе Лаперуза // Тр. ДВНИГМИ. 1980. Вып. 87. С. 66–78.
2. Пищальник В.М., Бобков А.О. Океанографический Атлас шельфовой зоны острова Сахалин: в 2 ч. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2000.
3. Шатилина Т.А., Кравченко Р.Б. Результаты классификации временного ряда температуры воды в Южно-Курильском районе и связь с региональными атмосферными индексами // Известия ТИНРО. 2013. Т. 172. С. 208–223.
4. Шатилина Т.А., Цициашвили Г.Ш., Радченкова Т.В. Оценка тенденций изменчивости центров действия атмосферы над Азиатско-тихоокеанским регионом в летние периоды 1950–1979 и 1980–2012 гг. // Метеорология и гидрология. 2016. № 1. С. 17–28.
5. Шевченко Г.В., Кантаков Г.А., Частиков В.Н. Анализ данных инструментальных измерений течений в проливе Лаперуза // Известия ТИНРО. 2005. Т. 140. С. 203–227.
6. Шелегова Е.К. Случаи резкого похолодания вод в летний период у юго-западного берега Сахалина // Известия ТИНРО. 1960. Т. 46. С. 249–251.
7. Danchenkov M.A., Aubrey D., Riser S. Oceanographic features of La Perouse Strait // PICES Scientific Reports. Sidney, Canada. 1999. N 12. P. 159–171.
8. Moroz V.V., Rudykh N.I. Water characteristics variability in the north-east part of Japan Sea // 18th PAMS Meeting. JAPAN, Naha. April. 2015. P. 116.

FEATURES OF THE HYDROLOGY CONDITIONS CHANGEABILITY IN THE NORTHEAST JAPAN SEA IN SUMMER

V.V. Moroz, T.A. Shatilina

Using the hydrological and meteorological data of the fifty-year observations in La Perouse Strait and adjacent part of the Japan Sea, the authors investigated the peculiarities of thermohaline structure of waters. It was revealed the dependence of waters structure formation on changeability of the water exchange and atmospheric processes. The observations show the relationship between the abnormal hydrological conditions in the North-Eastern part of the Japan Sea and the Okhotsk anticyclone and the Okhotsk sea water intrusion, due to deep cyclones passing over the area in summer. A sharp change of thermal conditions has negative impact on hydrobionts.

Keywords: Japan Sea, La Perouse Strait, water structure, Okhotsk Sea water intrusion, Okhotsk anticyclone.

УДК 630*43:004.9(571.62)

АЛГОРИТМ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА НА ОСНОВЕ ГЛОБАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В.А. Глаголев

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

Предложен алгоритм прогноза метеорологической пожарной опасности с заблаговременностью 10 суток на основе глобальной климатической модели Global Forecast System. Выбрана система управления массивами данных и специализированное программное обеспечение загрузки данных National Centers for Environmental Prediction для реализации алгоритма в информационной системе прогноза возникновения и распространения пожаров растительности на примере территории Дальнего Востока.

Ключевые слова: климатическая модель, показатель пожарной опасности, алгоритм, пожары растительности.

Введение

Погодные условия являются одним из основных факторов, влияющих на возникновение и скорость распространения пожаров растительности. В настоящее время густота сети гидрометеостанций (ГМС) на территории Дальнего Востока России (ДВР) не позволяет в полной мере проводить мониторинг пожароопасной обстановки, поскольку расчет показателей по условиям погоды осуществляется, в основном, по данным единичной ГМС, зона репрезентативности которой представлена окружностью с радиусом 30–40 км [16]. За пределами зон репрезентативности, т.е. в зонах ответственности ГМС, необходимо восстанавливать метеорологические показатели (индексы) пожарной опасности или исходные метеозлементы с применением данных климатических моделей, учитывающих региональные особенности территории.

Целью работы является создание и реализация алгоритма прогноза метеорологической пожарной опасности растительности с использованием глобальной климатической модели Global Forecast System (GFS).

В работе были поставлены следующие задачи: выделить основные метеорологические параметры модели GFS; спроектировать алгоритм прогноза метеорологического показателя пожарной опасности и выбрать соответствующее программное обеспечение для его реализации.

Восстановление метеорологического показателя пожарной опасности

Первые методики прогноза показателей пожарной опасности по условиям погоды основаны на использовании метеоданных прогнозов общего назначения [7]. Такие прогнозы содержат метеорологические поля, а также максимальную и минимальную температуру воздуха, синоптические термины интенсивности осадков, скорость и направление ветра, относительную влажность, объем осадков и вероятность их выпадения [3, 5, 6, 8, 14, 16]. Краткосрочные прогнозы метеорологического показателя пожарной опасности имеют практическую ценность, так как достигается высокая оправдываемость прогнозов в течение 1–3 суток, особенно в зоне репрезентативности ГМС (72–96%), однако вне этих зон необходимо применять различные способы восстановления: детерминистические и геостатистические методы интерполяции с географической привязкой данных [4]; метеоданные дистанционного мониторинга Земли [11]; результаты расчетов климатических моделей [17].

Использование интерполяционных методов для восстановления метеорологического индекса пожарной опасности по данным смежных ГМС впервые показано Н.П. Курбатским [9]. На примере метеорологического показателя В.Г. Нестерова [10] использован полином Лагранжа, в дальнейшем в работах П.А. Егармина [4] выявлено,

что функция данной комплексной переменной достаточно верно отражает распределение метеоданных для расчета показателя. В зарубежных работах большое внимание уделяется эффективности интерполирования индексов различными методами. Например, проанализировано восстановление индекса пожарной опасности Forest Fire Weather (FWI) на примере территории Онтарио (Канада) с помощью трех методов (обратно-взвешенных расстояний, локальная полиномиальная интерполяция второй степени, полиномиальная регрессия) и показано, что данные методы удовлетворительно осуществляют восстановление и оптимальным оказался метод «полиномиальная регрессия» [18].

Применение данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для мониторинга пожаров растительности активно осуществляется с начала 1990-х гг. Появляются работы, в которых на основе спутниковых снимков серии NOAA [11] создаются оценочные и прогнозны карты распределения показателя В.Г. Нестерова [10] с заблаговременностью 7 суток, при этом температура точки росы интерполируется по данным радиометра TOVS, а температура воздуха – по пятому каналу радиометра AVHRR.

Представленные выше работы были актуальны с 1960-х гг., однако с ростом информационно-технологического прогресса во всем мире приобретают значимость высокопроизводительные вычисления прогнозных климатических параметров на основе данных ГМС и ДЗЗ, учитывающих циркуляцию атмосферы, рельеф и т.д. На территории Российской Федерации (РФ) использование климатических моделей при определении метеорологической пожароопасной обстановки на длительный период времени показано только на основе гидродинамических прогнозов температуры воздуха и осадков по глобальной конечно-разностной модели общей циркуляции атмосферы [17]. Работы по краткосрочным прогнозам метеорологического индекса пожарной опасности приведены в основном в зарубежных статьях [19]. Поэтому в данной публикации показана возможность прикладного применения современных климатических моделей для краткосрочного прогноза метеорологической пожарной опасности на территории РФ.

Алгоритм краткосрочного прогноза метеорологической пожарной опасности

Авторский алгоритм прогноза метеорологического показателя (индекса) пожарной опасности основан на результатах расчета глобальной клима-

тической модели GFS, которая реализована американским государственным агентством National Centers for Environmental Prediction (NCEP) и насчитывает 365 параметров, выставляемых с заблаговременностью от 1 до 10 суток (каждые 3 часа с 00 до 24 по UTC) в узлах градусной сетки $0,5^\circ$ (приблизительно 50 км) проекции «долгота–широта». GRIB-файлы, хранящие прогнозны метеоданные, находятся в общем доступе в файловых каталогах по адресу <ftp://ftp.ncep.noaa.gov/pub/>.

В силу того, что на территории РФ для определения высыхания лесных горючих материалов используют дневную температуру воздуха и точки росы, измеренные в 13–15 часов местного времени, а также их увлажнения – суточный объем осадков с 9 часов предыдущего дня до 9 часов текущего дня, то в данной климатической модели воспользуемся следующими параметрами модели GFS: Temperature (TMP) – температура воздуха на высоте 2 м ($^\circ\text{F}$); Relative humidity (RH) – относительная влажность воздуха (%); Total precipitation (APCP) – общее количество осадков ($\text{кг}/\text{м}^2$).

Для получения значения температуры точки росы τ произведем конвертацию температуры и относительной влажности воздуха по формулам, приведенным в Руководстве Гидрометцентра СССР [13], действующем в настоящее время и успешно применяемом на практике [15]:

$$\tau = \frac{b f(t, R H)}{a - f(t, R H)},$$

$$f(t, R H) = \frac{a t}{b + t} + \ln\left(\frac{R H}{100}\right)$$

$$t = \frac{5}{9}(TMP - 32)$$

где TMP, RH – приземная температура и относительная влажность воздуха, рассчитанные в 13 ч местного времени с учетом часового пояса (для Хабаровского края и Еврейской автономной области UTC + 10 часов); а и b – константы, равные соответственно 17.27 и 237.7.

Степень увлажнения лесных горючих материалов с временным ограничением модели GFS определяем как общее количество осадков за сутки с 10 часов местного времени предыдущего дня до 10 часов текущего дня, также принимаем, что объем осадков $1 \text{ кг}/\text{м}^2$ составляет 1 мм/сут.

Восстановление метеоданных в удаленных точках (центры участков растительности, местоположения ГМС) от заданных узлов градусной сетки климатической модели осуществляется

интерполяционными методами с географической привязкой данных.

Блок-схема алгоритма прогноза метеорологического показателя (индекса) пожарной опасности на основе климатической модели представлена на рис. 1.

Полученный алгоритм состоит из 4 последовательных этапов:

Получение метеоданных по прикладным протоколам передачи гипертекста НТТР и файлов FTP, опубликованных на веб-порталах Гидрометеоцентра (<http://meteoinfo.ru>), научно-производственного центра «Мэп Мейкер» (<http://gismeteo.ru>), Института космических исследований РАН (<http://meteo.infospace.ru>), агентства NCEP (<http://ncep.noaa.gov>).

Восстановление метеорологических элементов в центре участков растительности или ГМС интерполированием значений параметров смежных узлов модели методом билинейной интерполяции.

Расчет метеорологического показателя (индекса) пожарной опасности на примере показателя В.Г. Нестерова [10]. Вычисление данного показателя (обозначим P_i) на i -ый текущий день осуществляется в виде рекуррентной функции P_i при начальном условии $P_0=0$. В соответствии с методикой В.Г. Нестерова она может быть представлена в виде системы уравнений:

$$P_i = \begin{cases} (t_i - \tau_i) t_i, & \text{при } x_i > 3 \text{ мм/сут.} \\ (t_i - \tau_i) t_i + P_{i-1}, & \text{при } x_i \leq 3 \text{ мм/сут.} \end{cases}$$

или в виде уравнения $P_i = (t_i - \tau_i) t_i + P_{i-1} K(x_i)$, где коэффициент $K(x_i)$ задается на основе предельного количества осадков, при котором устраняется возможность загорания напочвенного покрова; он может принимать два значения: при количестве осадков (x_i) более 3 мм/сут. $K(x_i)$ равен 0; при x_i менее 3 мм/сут. $K(x_i)$ равен 1. Для Дальнего Востока России при нулевых или небольших отрицательных значениях дневной температуры воздуха, которые могут наблюдаться в начале и в конце пожароопасного сезона, в расчетах функции P_i учитываются следующие рекомендации [2]:

$$P_i = \begin{cases} 0, & \text{при } t_i < 5 \text{ }^\circ\text{C и } x_i > 3 \text{ мм/сут.} \\ 50 + P_{i-1}, & \text{при } t_i < 5 \text{ }^\circ\text{C и } x_i \leq 3 \text{ мм/сут.} \end{cases}$$

где $i, i-1$ – текущий и предыдущие дни.

Проверка качества алгоритма прогноза метеорологического показателя (индекса) пожарной опасности согласно существующим критериям прогнозирования гидрометеорологических явлений [1, 12]. На каждый день прогноза рассчитываются фактические (P_{i+n}) и прогнозные (P'_{i+n}) значения показателя, среднее квадратичное отклонение

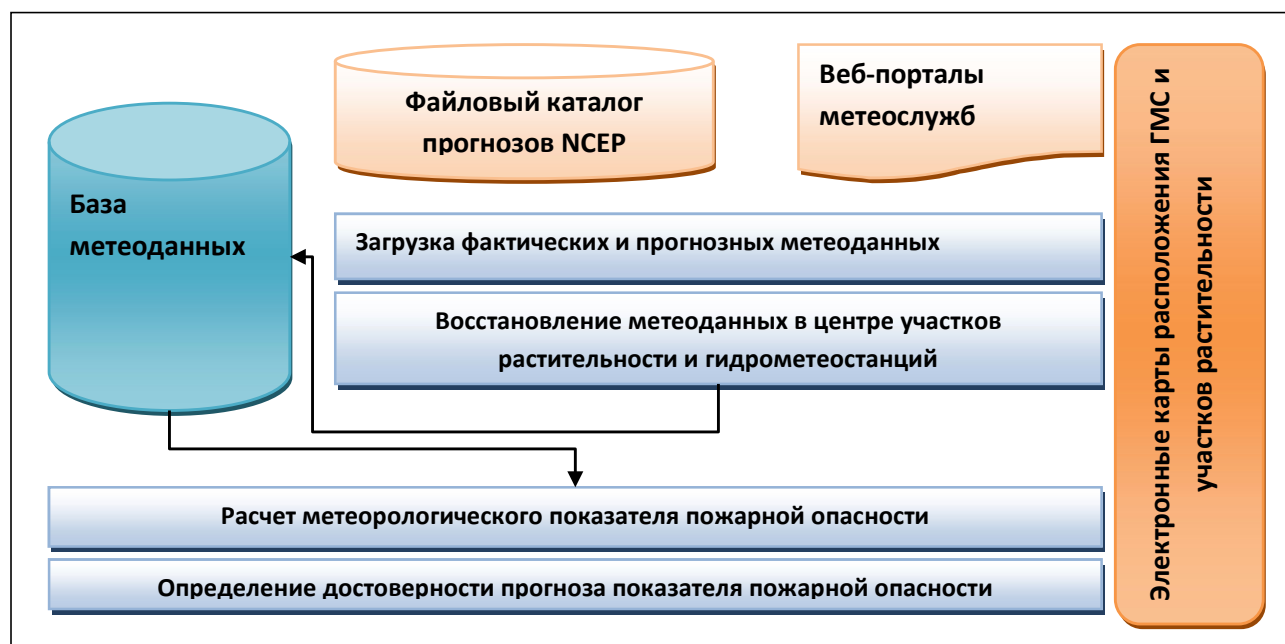


Рис. 1. Алгоритм прогноза метеорологического показателя пожарной опасности

Fig. 1. Forecast algorithm of meteorological fire danger index

P_{i+n}^r за период заблаговременности прогноза ($\sigma_{\Delta t}$), допустимая ($\delta_{доп.}$) и средняя квадратичная погрешности (S) проверочных прогнозов и их оправдаемость (ρ).

Программное обеспечение для выполнения расчетов

Программная реализация алгоритма планируется с использованием авторской реляционной базы метеорологических данных (БМД), созданной в системе управления базами данных MySQL 5.11 (рис. 2). В данной БМД хранятся фактические и прогнозные метеоданные ГМС, полученные из интернет-служб и климатической модели. Для хранения данных модели GFS на 10 дней в таблице «Прогнозы ГМС» добавлены числовые атрибуты TMP1...TMP10, RH1...RH10, TP1...10.

Сбор фактических данных ГМС будет осу-

ществляться по индексу Всемирной метеорологической станции (ВМО) из xls-отчетов лесоохранных служб (форма 1-МЕТЕО).

Восстановление прогнозных метеорологических параметров климатической модели GFS в указанной контрольной точке (ГМС) с заданными координатами выполняется с помощью системной утилиты degrib, разработанной в агентстве NCEP. Импорт результата восстановления параметров осуществляется с использованием модуля авторской информационной системы оценки и прогноза пожарной опасности растительности.

Таким образом, предложенный алгоритм имеет практическую значимость и может быть применен для оценки и краткосрочного прогноза метеорологической пожарной опасности в удаленных от ГМС участках растительности.

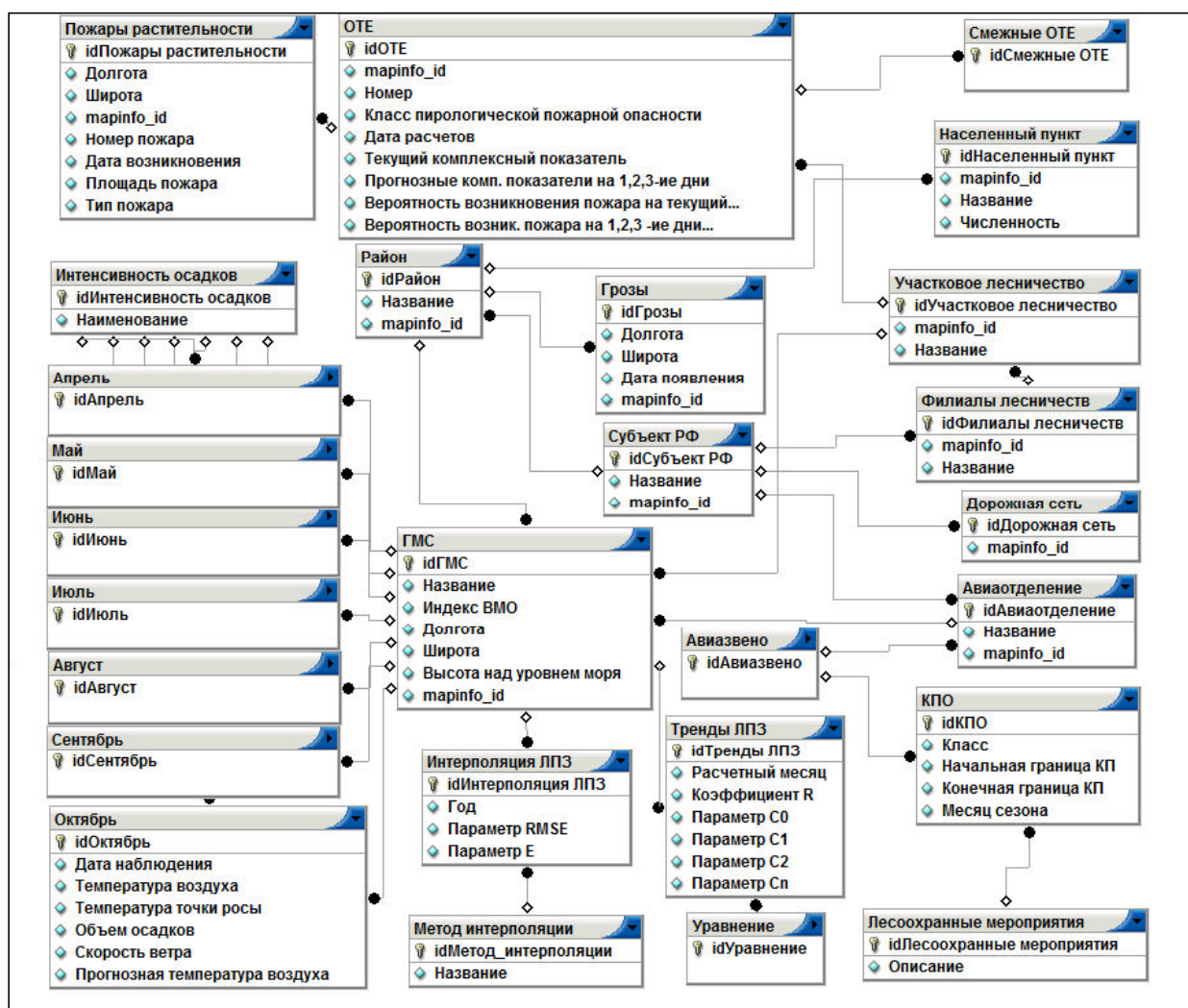


Рис. 2. Логическая схема базы метеорологических данных

Fig. 2. Logical scheme of the meteorological database

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бефани Н.Ф. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 439 с.
2. Глаголев В.А. Оценка и прогноза пожарной опасности растительности на территории Еврейской автономной области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук / ИВЭП ДВО РАН. Хабаровск, 2015. 24 с.
3. Горев Г.В. Оценка климатической предрасположенности территории к возникновению лесных пожаров на примере Томской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук / ТГУ. Томск, 2004. 24 с.
4. Егармин П.А. Система детальной оценки пожарной опасности лесной территории: автореф. дис. ... канд. техн. наук / СибГТУ. Красноярск, 2005. 21 с.
5. Захаров А.И. Динамика влажности лесных горючих материалов и возникновение пожаров от гроз (в условиях Тюменской области): автореф. дис. ... канд. с-х. наук / ЛенНИЛХ. Свердловск, 1983. 18 с.
6. Здерева М.Я., Виноградова М.В. Среднесрочный прогноз пожарной опасности в лесах по метеорологическим условиям // Метеорология и гидрология. 2009. № 1. С. 16–27.
7. Кац А.Л., Гусев В.Л., Шабунина Т.А. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесах по условиям погоды. М.: Гидрометеиздат, 1975. 16 с.
8. Коган Р.М., Соколова Г.В., Глаголев В.А. Методика автоматизированного прогноза пожарной опасности Приамурья и оценка ее эффективности // Метеорология и гидрология. 2006. № 12. С. 45–53.
9. Курбатский Н.П. Прогнозирование лесных пожаров с помощью ЭВМ // Лесное хозяйство. 1976. № 7. С. 51–55.
10. Нестеров В.Г., Гриценко М.В., Шабунина Т.А. Использование температуры точки росы при расчете показателя горимости леса // Гидрология и метеорология. 1968. № 9. С. 102–104.
11. Пономарев Е.И., Сухинин А.И. Методика картирования и среднесрочного прогнозирования пожарной опасности лесов по условиям погоды // География и природные ресурсы. 2002. № 4. С. 112–114.
12. Руководство по гидрологическим прогнозам: вып. 3. Прогнозы ледовых явлений на реках и водохранилищах. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 290 с.
13. Савич В.А. Психрометрические таблицы. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1963. 350 с.
14. Соколова Г.В. Применение расчетных методов для краткосрочных прогнозов вероятного суточного числа лесных пожаров // Метеорология и гидрология. 1994. № 3. С. 63–67.
15. Соколова Г.В., Макогонов С.В. Разработка методики лесопирологического прогноза (на примере Дальнего Востока) // Метеорология и гидрология. 2013. № 4. С. 12–18.
16. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таежной зоне. Новосибирск: Наука, 1990. 204 с.
17. Хан В.М. Долгосрочное прогнозирование пожарной опасности лесов на основе ансамблевых сезонных прогнозов по модели ПЛАВ // Метеорология и гидрология. 2012. № 8. С. 5–17.
18. Flannigan M.D., Wotton B.M. A study of the interpolation methods for forest fire danger rating in Canada // Canadian Journal of Forest Research. 1989. Vol. 19, N 8. P. 1059–1066.
19. Roads J., Tripp P., Juang H., Wang J., Fujioka F., Chen S. NCEP–ECPC monthly to seasonal US fire danger forecasts // International Journal of Wildland Fire. 2010. Vol. 19. P. 399–414.

ALGORITHM OF SHORT-TERM FORECAST OF METEOROLOGICAL FIRE DANGER IN THE FAR EAST ON BASIS OF GLOBAL CLIMATE MODELS

V.A. Glagolev

It is proposed the algorithm of meteorological fire danger forecast with a lead time of 10 days, based on the Global Forecast System climate model. The author has selected the system of control over the data and software for download of the data - National Centers for Environmental Prediction. The system is used to implement the algorithm in the information system of forecasting the occurrence and spread of vegetation fires in the Far East.

Keywords: climate, fire danger, algorithm, vegetation fires.

УДК 630*43:911.2 (571.621)

ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ РЕЧНОЙ СЕТИ НА ПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ
ТЕРРИТОРИИ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ

А.М. Зубарева

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

В работе изучено влияние густоты речной сети на пожарную опасность Еврейской автономной области. Проведена классификация этого критерия, по результатам составлена карта густоты речной сети ЕАО с разной степенью влияния на пожароопасность территории. Выделены территории с различной густотой речной сети. Выявленные особенности территориального распределения пирологических характеристик с учетом густоты речной сети могут быть учтены при оптимизации планирования работы служб противопожарного мониторинга в Еврейской автономной области.

Ключевые слова: густота речной сети, пожароопасность, пирологические характеристики, Еврейская автономная область.

Введение

На Дальнем Востоке России пожары растительности являются одним из ведущих факторов трансформации природных экосистем. Анализ статистических данных Федеральной службы государственной статистики [14] показал, что Еврейская автономная область (ЕАО) занимает второе место в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) по количеству и площади пожаров при пересчёте на единицу площади.

Пожароопасность региона складывается из особой комбинации многих факторов, определяющих природную среду возгорания: пирологических характеристик растительности, рельефа, речной сети, почв и погодных условий. На основе оценки пирологических характеристик с учетом гидрологических компонентов природной среды можно сделать вывод о степени пожароопасности различных участков и выделить зоны первоочередной противопожарной охраны. Гидрологический компонент природной среды – это густота речной сети, которая показывает степень её развитости в пределах изучаемой территории. В данном исследовании проводится изучение степени пожароопасности гидрологического компонента природной среды, формирующего природную пожароопасность территории.

Природные условия области предопределили большую густоту речной сети на данной территории. Всего в автономии более 5000 водотоков

и свыше 3000 озёр. Большинство рек – малые и средние. Наиболее крупные реки (длиной более 100 км): Амур, Биджан, Большая Бира, Малая Бира, Сутара, Икура, Унгун, Большая Самара (в порядке убывания их длины). Озёра, в основном, имеют площадь менее 1 км², они старичные по происхождению и пресные по химическому составу [3].

Несмотря на то, что с середины семнадцатого века имеется информация о водотоках территории ЕАО, полученная в результате походов В.Д. Пояркова и Е.П. Хабарова, изучение гидрографической сети как компонента природной среды, который может способствовать или оказывать сдерживающее действие на возгорание, не проводилось. Большая часть научных работ посвящена изучению водотоков, их морфометрическим и морфологическим характеристикам, водности рек в условиях муссонного климата [1, 10 и др.]. Исследования, касающиеся динамики русел рек и русловых форм рельефа в равнинной части ЕАО, проводит отдел водных ресурсов ЕАО Амурского БВУ Федерального агентства водных ресурсов. Исследования также носили гидрохимическую направленность [2, 5, 12].

В связи с тем, что густота речной сети влияет на характер распространения возгорания растительности, являясь барьером на пути движущегося огня, а также на микроклимат, определяющий режим увлажнения растительных горючих мате-

риалов [6, 9], необходимо рассмотреть влияние гидрологического компонента природной среды (густоты речной сети) на пожароопасность территории ЕАО.

Материалы и методики

В качестве исходных материалов в работе использована топографическая карта с границами изучаемой территории.

Влияние речной сети на пожароопасность территории ЕАО оценивалось по коэффициенту густоты речной сети, который рассчитывался как отношение длины всех поверхностных водотоков данной площади (км) к величине этой площади (км²), характеризуя средние расстояния между смежными водотоками (табл.). На территории ЕАО выделялись речные бассейны примерно одинаковой площади и в них вычислялся показатель густоты речной сети, территории с одинаковым показателем объединялись [13].

Оценка количества и площади пожаров осуществлялась по индексу горимости (ИГ), рассчитанному на основании двух показателей: частоты пожаров (Ч) как среднего числа случаев и относительной площади пожара (П) в га [11].

Для движения огня по местности водотоки представляют собой естественные препятствия; они также формируют микроклимат, который не способствует возгоранию растительных горючих материалов [11]. Следовательно, чем выше показатель густоты речной сети, тем менее пожароопасна территория. В данной работе авторы придерживались определения пожароопасности территории, которое дал Н.П. Курбатский [7]: это угроза возникновения пожара, выражаемая вероятностью появления факторов, обуславливающих

пожар, а также их пирологическими характеристиками на определенной территории.

Согласно вышеуказанным критериям была разработана шкала влияния густоты речной сети на пирологические условия территории ЕАО. Для оценки пирологических характеристик территории понятие «густота речной сети» не использовалось ранее, и в данной статье делается впервые.

Результаты и их обсуждение

Для оценки влияния густоты речной сети и растительности на пожарную опасность территории ЕАО необходимо изучить протяжённость рек на единицу площади. Средняя густота речной сети ЕАО – 0,45 км/км², что почти в два раза выше среднероссийского показателя, но по территории региона речная сеть распределена неравномерно (рис.). В горной части ЕАО рассматриваемый показатель составляет около 0,62 км/км², в предгорной – 0,4 км/км², на равнине варьируется от 0,1 до 0,2 км/км².

В соответствии с показателями густоты речной сети и горимости территории бассейны рек территории ЕАО были разделены на пять классов пожароопасности (от I – очень высокая до V – низкая). В соответствии с полученными результатами составлена карта влияния гидрологического компонента природной среды на степень пожароопасности территории ЕАО.

На карте (рис.) показано, что наиболее пожароопасными (I и II класс) являются бассейны рек в равнинной части ЕАО, где густота составляет 0,16–0,29 км/км². На них приходится 47,4% всей площади ЕАО. Повышенной пожароопасностью (III класс) отличаются бассейны с густотой речной сети около 0,32 км/км², занимающие большей ча-

Таблица

Оценка влияния густоты гидрологической сети на пожароопасность территории Еврейской автономной области

Table

Assessment of the influence of the density of the hydrological network on the fire hazard of the territory Jewish Autonomous Region

Густота сети, км/км ²	Класс пожарной опасности гидрологического компонента природной среды	Индекс горимости территории (ИГ)	Класс горимости по шкале природной пожарной опасности (7)
0,16	I (очень высокий)	>26	I (очень высокий)
0,29	II (высокий)	8,6-26	II (высокий)
0,32	III (повышенный)	2,6-8,5	III (повышенный)
0,38	IV (средний)	0,8-2,5	IV (умеренный)
0,62	V (низкий)	< 0,7	V (низкий)

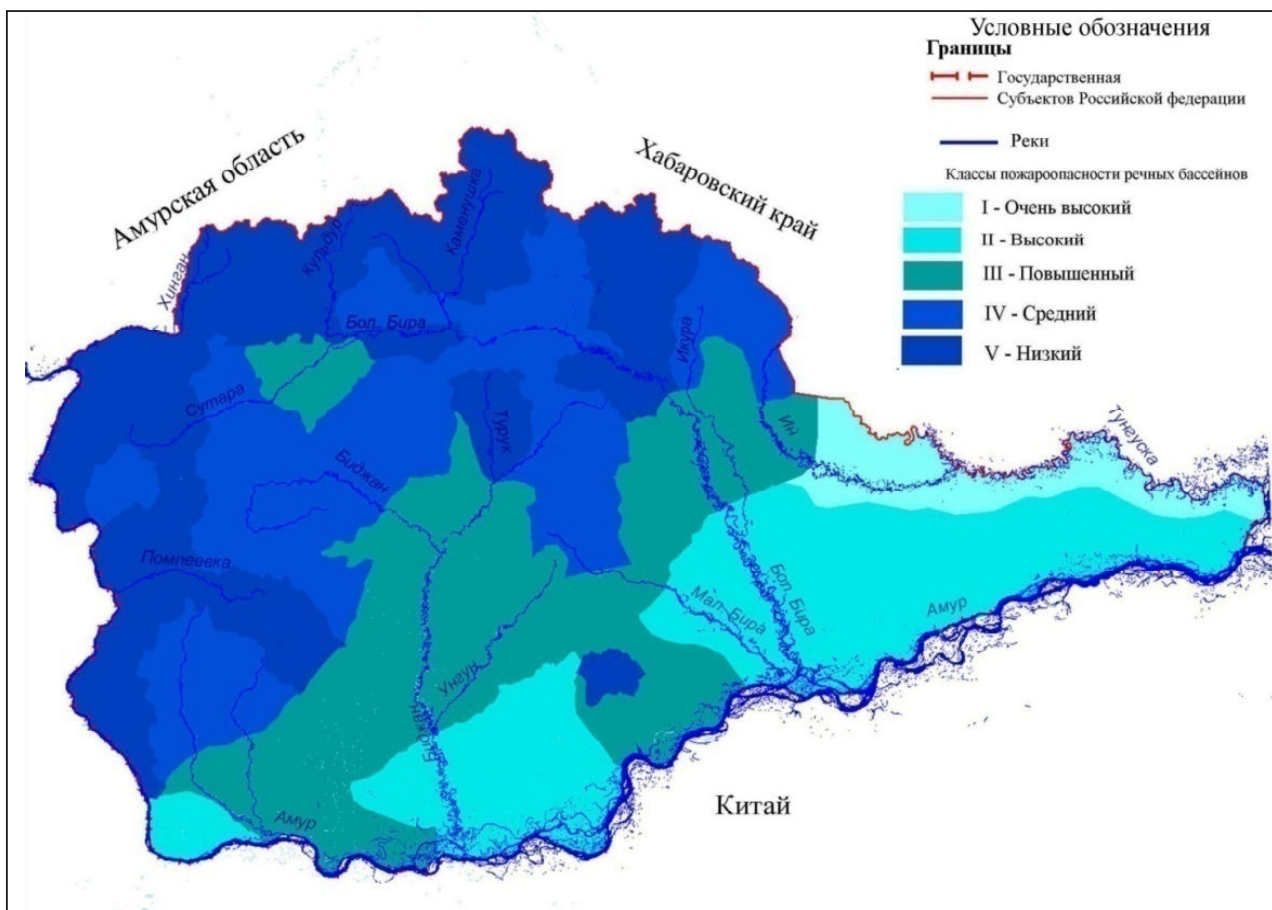


Рис. Распределение классов пожарной опасности речных бассейнов на территории Еврейской автономной области с учетом густоты речной сети

Fig. Distribution of Jewish Autonomous Region river basins fire risk classes dependent on the river network density

стью среднегорную часть ЕАО, что составляет 9% площади автономии. К средней пожароопасности относятся территории бассейнов с густотой водотоков $0,38 \text{ км/км}^2$ (13,6% от территории области). Наименьшая пожароопасность отмечается на участках речных бассейнов с плотностью рек около $0,62 \text{ км/км}^2$, которые распространены в горной части ЕАО и занимают 28,4% территории области.

Совокупный анализ горимости территории и густоты речной сети даёт возможность провести оценку пожароопасности более детализированно, выделить участки с различным сочетанием критериев оценки.

Сочетанием очень высокой фактической горимости (I класс), низкой густоты речной сети ($0,16 \text{ км/км}^2$) и очень высокой природной пожароопасностью (табл.) характеризуются равнинные территории.

Территории с высоким (II) классом пожарной опасности при густоте речной сети

$0,29 \text{ км/км}^2$ и высоким индексом горимости (8,6–26) расположены на равнине в устьях рек Большая Бира и Биджан.

Повышенный класс пожарной опасности речной сети (III класс) сочетается с территориями, в которых ИГ соответствует 2,6–8,5 (III класс). Они в основном относятся к предгорным территориям.

Средний класс пожарной опасности при густоте речной сети $0,38 \text{ км/км}^2$ наблюдается на территориях с умеренным индексом горимости (0,8–2,5), расположенных в верховьях рр. Самара, Турук, Большой Таймень.

Низкий класс пожарной опасности при густоте речной сети $0,62 \text{ км/км}^2$ характеризуется V классом горимости (ИГ < 0,7), в основном характерен для верховьев рр. Каменушка, Кульдур, Сутара, Турук, Помпеевка.

Таким образом, в ходе совместного анализа пирологических характеристик, речной сети и

горимости территории были выделены их сочетания на территории Еврейской автономной области, при которых наблюдается наибольшая предрасположенность к возгоранию растительности. Наиболее пожароопасные участки расположены на равнинной территории: долины рек Большой Ин, устья рек Большая Бира и Биджан.

Заключение

Выявленные особенности территориального распределения горимости и густоты речной сети должны быть учтены при планировании стратегии управления пожарами и оптимизации планирования работы служб противопожарного мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аношкин А.В. Русловые переформирования на реках Среднеамурской низменности // Геоморфология. 2015. № 4. С. 41–50.
2. Бондарева Д.Г. Распределение железа в поверхностных и питьевых водах Еврейской автономной области и его отражение на здоровье населения: дис. ... канд. биол. наук / ДВГУ. Владивосток, 2010. 141 с.
3. Еврейская автономная области: энциклопедический словарь. Биробиджан, 1999. 366 с.
4. Зубарева А.М. Влияние пирологических свойств почвы и растительности на пожарную опасность территории Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2016. Т. 19, № 4. С. 84–89.
5. Коган Р.М., Рыжкова Л.О. Особенности формирования химического состава воды р. Бира // Региональные проблемы. 2011. Т. 14, № 2. С. 87–93.
6. Кулик В.Я., Лобанов С.А. Гидрологический прогноз лесных пожаров и их предотвращение. URL: http://thelib.ru/books/kulikov_valentin/gidrologicheskiy_prognoz_lesnih_pozharov_i_ih_predotvraschenie-read.html (дата обращения: 29.01.2018).
7. Курбатский Н.П. Терминология лесной пирологии // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИлиД, 1972. С. 171–213.
8. Куренцова Г.Э. Очерк растительности Еврейской автономной области. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1967. 61 с.
9. Соколова Г.В. Применение гидрологических методов в прогнозировании опасности лесных пожаров на территории бассейна Амура (краткий обзор) // Региональные проблемы. 2016. Т. 19, № 1. С. 12–21.
10. Соловьев И.А., Ваганов Л.И. Русловой процесс и водные пути нижнего Амура. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1967. 224 с.
11. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таёжной зоне. Новосибирск: Наука, 1990. 205 с.
12. Суриц О.В. Дефицит фтора, кальция и магния в питьевой воде и его отражение на заболеваемости населения: дис. канд. биол. наук / Дальневосточный государственный университет. Владивосток, 2009. 138 с.
13. Фетисов Д.М. Природные рекреационные ресурсы Еврейской автономной области: потенциал и перспективы использования: дис. ... канд. геогр. наук / ИВЭП ДВО РАН. Биробиджан, 2008. 143 с.
14. Число лесных пожаров // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://fedstat.ru/indicator/31580> (дата обращения: 10.01.2018).

INFLUENCE OF THE RIVER NETWORK DENSITY ON FIRE RISKS IN JEWISH AUTONOMOUS REGION

A.M. Zubareva

The influence of the river network density on fire risks in Jewish Autonomous Region is studied in the work. It has been carried out a classification of that criterion. On its base, the author has compiled a map of the river network density in JAR that shows different degrees of influence on fire risks in the region dependent on the river network density in different areas. The revealed features of pyrological characteristics dependent on the river network density can be used to optimize the work of services for fire protection monitoring in Jewish Autonomous Region.

Keywords: density of the river network, fire risk, pyrological characteristics, spatial distribution, Jewish Autonomous Region.

ЛАНДШАФТНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ

Д.М. Фетисов

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

В работе представлены результаты типологической классификации современных ландшафтов Еврейской автономной области. На основе генетического принципа выделено 25 видов ландшафтов, приведено их краткое описание, составлена ландшафтная карта региона в масштабе 1:1 500 000. На ландшафтной карте также выделены антропогеннопреобразованные комплексы региона. Горнотундровые геосистемы в Еврейской автономной области локально распространены по отдельным вершинам в верхнем ландшафтном ярусе на крайнем севере региона и на карте данного масштаба не отображены. По площади преобладают ландшафты широколиственнолесного типа, занимающие 51% территории области, на таежные и подтаежные приходится 19%, столько же на долинные ландшафты, 10% – антропогенные комплексы, 1% – болота. Важно отметить, что значительная часть болот является морфологическими компонентами других, в основном равнинных, видов ландшафтов. Низкогорные ландшафты характеризуются преобладанием производной, измененной человеком растительности.

Ключевые слова: геосистема, ландшафт, ландшафтное разнообразие, ландшафтная карта, Еврейская автономная область.

Актуальность

Изучение особенностей ландшафтного разнообразия территории является одним из направлений в решении целого ряда теоретических и практических географических задач. Ландшафтная структура раскрывает некоторые физико-географические закономерности строения территории, происходящих географических процессов; ландшафтная карта может быть использована для проведения и уточнения физико-географического районирования региона, географического прогноза, определения реальных и потенциальных вариантов взаимодействия природной среды и хозяйственной деятельности человека, развития различных систем природопользования, конфликтов между этими компонентами [3].

Еврейская автономная область (ЕАО) расположена на юге Дальнего Востока России. Ее ландшафтная структура сформирована сочетанием зональных и азональных природных комплексов, осложнена высотной поясностью. Здесь распространены четыре зональных типа ландшафтов: горно-тундровые, таежные, подтаежные и широколиственнолесные, а также азональный тип речных долин и интразональный – болота [6].

Ландшафтная изученность территории Еврейской автономной области неравномерная. В 1970–1990-е гг. Амуро-Уссурийской партией Ха-

баровского государственного горно-геологического предприятия было выполнено ландшафтно-геоморфологическое картирование области и части Хабаровского края в масштабе 1:500 000. В 1982–1989 гг. в бассейнах рр. Амур, Большая Бира, Тунгуска, Урми и Большой Ин в Ленинском и Смидовичском районах ЕАО при проведении геологических изысканий сотрудники Хабаровского государственного горно-геологического предприятия составили ландшафтно-индикационные карты исследуемых территорий масштаба 1:50 000 [14]. В 1995 г. сотрудники этого же учреждения под руководством Л.А. Шарова составили ландшафтно-индикационную карту Хабаровского края и Еврейской автономной области в масштабе 1:1 000 000 [11]. Отметим, что основной задачей составления перечисленных карт в инженерно-геологических исследованиях является использование отраженной на них информации о характерных внешних особенностях местности в качестве индикатора литологических, гидрогеологических и геоморфологических условий. Общую информацию о ландшафтной структуре рассматриваемого региона можно получить из работ А.Г. Исаченко [6], А.Г. Исаченко и А.А. Шляпникова [7], ландшафтной карты СССР [10]. В 2005 г. Е.В. Стельмах [19] выделила в пределах ЕАО 19 видов природных ландшафтов, объединенных в

горные, предгорно-холмистые и равнинные классы ландшафтов. В настоящее время силами сотрудников Института водных и экологических проблем ДВО РАН и Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН проводятся ландшафтные исследования на Среднеамурской низменности [8, 22].

В данной работе представлены результаты типологической классификации ландшафтов Еврейской автономной области с использованием современных геоинформационных инструментов и материалов.

Материалы и методы

Ландшафтное разнообразие рассматривается как один из аспектов природной неоднородности в целом, отражающий многовариантность геокомплексов, экосистем, биотопов и др. В настоящее время сложилось два подхода к изучению геосистемного разнообразия. Первый, более традиционный, ориентирован на анализ многообразия разноразмерных природных комплексов, слагающих пространственную (ландшафтную) структуру территории. В этом случае под ландшафтным разнообразием понимается число и частота встречаемости природно-территориальных комплексов (ПТК) в пределах региона, выражающих структурно-генетическую неоднородность пространства, связанные, прежде всего, со свойствами литогенной основы. Вторым развивающимся подходом оперируют данными дистанционного зондирования Земли. В его рамках исследуемое явление рассматривается как степень мозаичности контуров ПТК территории, выявленных по критерию отражательных свойств на космических снимках [3, 5, 16, 17]. Исследования в данной работе выполнены на основе первого подхода.

Для создания ландшафтной карты Еврейской автономной области масштаба 1:1 500 000 использовалась типологическая классификация, подразумевающая выделение природных комплексов, характеризующихся сходством природных компонентов, единым генезисом и развитием независимо от их местоположения. Виды ландшафтов определялись с использованием генетического принципа, с учетом первостепенности однородности свойств литогенной основы.

Геосистемы рассматриваемого иерархического уровня изучаемого региона выявлены путем расчленения крупных таксономических единиц на более мелкие. Систематизация ландшафтов региона проводилась с использованием критериев и иерархических единиц, предложенных А.Г. Исаченко [6], начиная с уровня *тип ландшафта* (табл. 1).

Характеристика выделенных *видов ландшафтов* осуществлялась с использованием авторской среднемасштабной ландшафтной карты, которая отражает 99 ПТК. Они были выделены по особенностям рельефа с учетом характеристики современной растительности. Для дешифрирования современного растительного покрова были использованы данные среднего пространственного разрешения со спутников Landsat сенсоров TM, ETM+ (1990-2010 гг.) и данные о растительном покрове на территории России, доступные в информационной системе «BEGA-Science» – спутниковом сервисе коллективного пользования, ориентированном на информационную поддержку научных исследований состояния и динамики биосферы [2, 12], материалы собственных полевых исследований. Материалы радарной топографической съемки (SRTM) использовались для составления цифровой модели рельефа с после-

Классификационные единицы ландшафтов [6]

Таблица 1

Landscapes classification units [6]

Table 1

Единица	Критерии
Тип	Сочетание зональных и секторных особенностей
Подтип	Отражает постепенный переход между различными типами со смешением их признаков
Класс	Гипсометрический фактор, главные ландшафтные уровни (горный, равнинный)
Подкласс	Ярусность ландшафтов и постепенная трансформация их типичных зонально-секторных черт с ростом абсолютной высоты
Вид	Наибольшее сходство в генезисе, наборе компонентов, морфологическом строении. Определяющий критерий – особенности твердого фундамента (структура, литологический состав пород и формы рельефа)

дующим составлением производных морфометрических карт: крутизны поверхностей (углов наклона) и вертикальной расчлененности. Кроме того, материалами для характеристики природных компонентов послужили литературные источники [1, 4, 6, 9, 13, 18, 22], фондовые материалы Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН.

Для характеристики ландшафтного разнообразия региона использовались пять ландшафтных метрик (табл. 2) [3, 15, 16, 25]. Возможности их интерпретации приводятся в третьей колонке данной таблицы.

Результаты исследования и их обсуждение

В пределах Еврейской автономной области выделено 25 видов ландшафтов (рис.). Значения ландшафтных метрик приведены в табл. 3.

Тип: Таежные и подтаежные

Подтип: Притихоокеанские южнотаежные и подтаежные (бореальные и переходные к бореальным)

Группа видов: Складчатых, глыбовых и вулканических гор

1. Среднегорные сильнорасчлененные эрозионно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях (преимущественно кис-

лых) с пихтово-еловыми зеленомошными, производными лиственнично-мелколиственными лесами на буро-таежных почвах. Их площадь 1463 км² (4% от площади области), у них самое большое значение средней площади контура (около 500 км²), они имеют всего три ландшафтных выдела. Этот вид ландшафта представлен только в северной части Еврейской автономной области, где проходит граница между зонами таежных и хвойно-широколиственных лесов. Данный вид ландшафта занимает верхний горный ярус, по отдельным вершинам сочетаясь с небольшими массивами горных тундр с арктоусом альпийским, можжевельником сибирским, брусникой [18]. В результате значения индексов уникальности и дробности ландшафтных контуров определяют его в качестве одного из наиболее редких с низкой встречаемостью в ЕАО. Коренные леса, занимающие 56% от площади ландшафта, представлены лиственнично-еловыми и пихтово-еловыми лесами местами с участием березы каменной, кедрового стланика кустарничково-мелкотравно-зеленомошными и зеленомошно-разнотравно-папоротниковыми. Производная лесная растительность включает белоберезовые и осиново-белоберезовые леса с лиственницей, местами с

Таблица 2

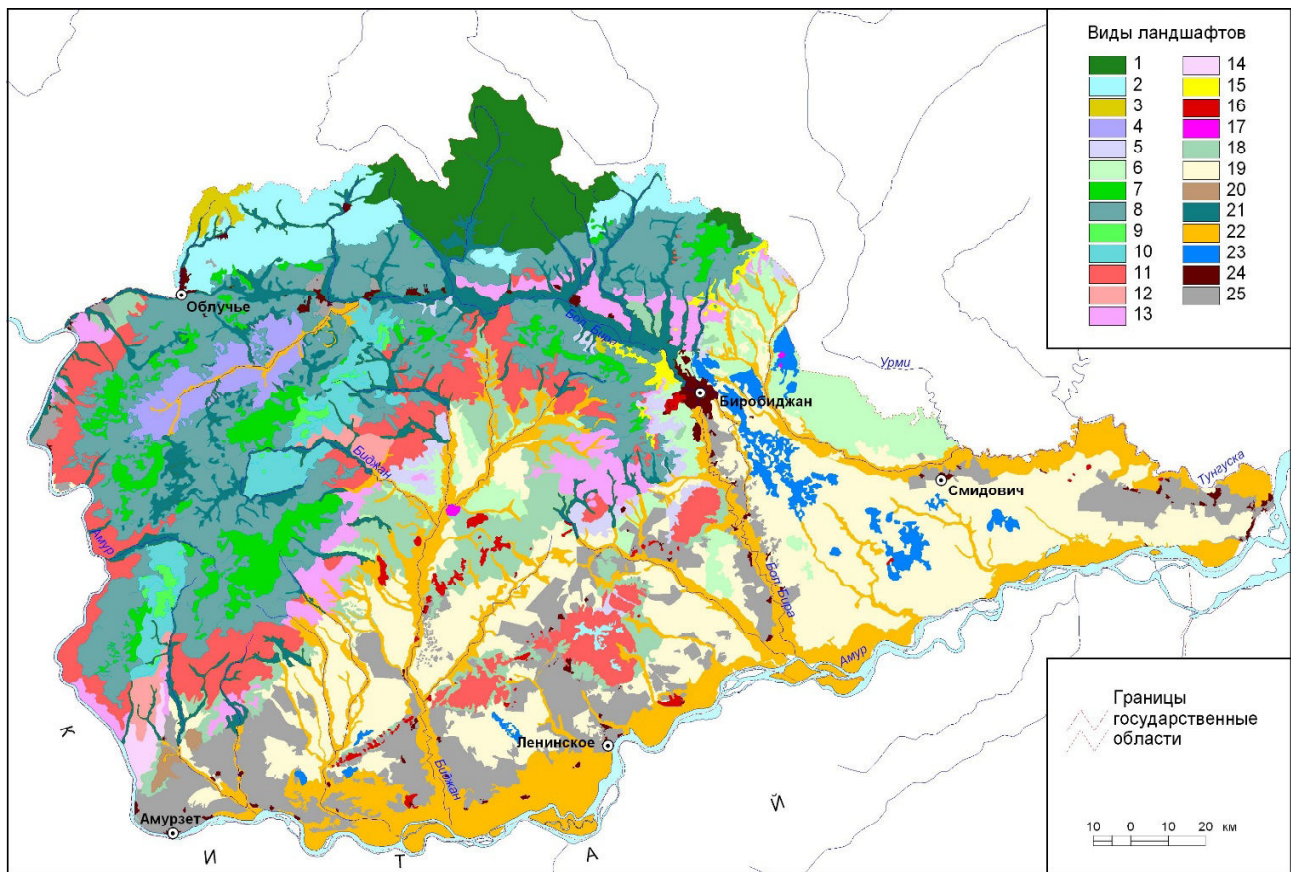
Определение и характеристика показателей оценки ландшафтного разнообразия, использованных в работе

Table 2

The definition and characteristics of indicators using in the paper to assess the landscape diversity

Индексы (ландшафтные метрики)	Формула	Описание
Площадь ландшафта (s)	$s = S_i$	Общая площадь каждого класса ландшафтов
Количество ландшафтных контуров (n)	$n = n_i$	Число выделов ландшафта
Индекс уникальности (p _i)	$p_i = \frac{n_i}{N}$	Частота встречаемости ландшафтных контуров класса геосистем <i>i</i>
Средняя площадь контура (s _i)	$s_i = \frac{S}{n}$	Средний размер контуров
Индекс дробности ландшафтных контуров (k)	$k = \frac{n}{s}$	Степень фрагментации ландшафта

Примечание: n_i – число контуров ландшафта класса *i*, S_i – площадь класса *i*, N – число контуров всех классов ландшафта изучаемой территории



Формы рельефа	Горные						Равнинные				Речных долин		Болота	
	среднегорные (более 800 м)	низкогорные (200-800 м)		Предгорные (200-400)	холмы-плато (100-300 м)	Возвышенные (200-300 м)	Низменные (30-200 м)		горные	равнинные	измененные и верховые			
Генетический тип рельефа	Эрозионно-дефуляционный	Эрозионно-дефуляционный	Эрозионно-дефуляционный с карстовым	Вулканоогенный	Эрозионно-дефуляционный	Эрозионно-дефуляционный с карстовым	Эрозионно-дефуляционный	Вулканоогенный	Денуационно-аккумулятивный	Аккумулятивный (озерно-аллювиальный)	Денуационно-аккумулятивный	вулканоогенный	Аккумулятивный и эрозионно-дефуляционный	Аккумулятивный и болотный
Растительность	Пихтово-еловые зеленомошные и производные лиственнично-мелколиственные леса	1												
	Производные белоберезовые, осиново-белоберезовые и лиственничные леса и редколесья		2											
	Производные редколесья березы, лиственницы, ели аянской				3									
	Лиственничные, лиственнично-белоберезовые и осиново-белоберезовые леса и редколесья с ерничково-талыниковыми зарослями								4		5			
	Комплекс лиственнично-белоберезово-осиновых лесов по релкам с осоково-разнотравно-вейниковыми лугами и болотами										6			
	Пихтово-елово-кедровые леса с участием березы, кленов и других пород		7	9										
	Кедрово-широколиственные леса и производные смешанные широколиственные и мелколиственные леса		8	10										
	Смешанные широколиственные и мелколиственные леса					15								
	Дубовые, дубово-черноберезовые, дубово-осиново-белоберезовые с участием лиственницы леса и редколесья		11	12	13	14	16	17			18	20		
	Осиново-белоберезовые с участием дуба, лиственницы и нвы козьей леса по релкам с разнотравно-вейниковыми и разнотравно-серебристиковыми лугами и болотами										19			
Комплекс лугов, болот и лиственничных лесов												21		
Комплекс сырых и увлажненных лугов, болот, голубично-багульниковых марей и прирусловых зарослей ив													22	
Болота мохово-пушицевые, осоковые и тростниковые														23
Антропогенные (природно-антропогенные)														
24. Селитебные и горнопромышленные														
25. Сельскохозяйственные угодья и лесовосстановительные посадки														

Рис. Ландшафтная карта Еврейской автономной области

Fig. Landscape map of Jewish Autonomous Region

Values of landscape diversity indicators of Jewish Autonomous Region

Вид ландшафта	Площадь, км ²	Количество ландшафтных контуров	Индекс уникальности	Средняя площадь контура	Индекс дробности ландшафтных контуров
1	1463	3	0,003	488	0,002
2	1192	13	0,014	92	0,011
3	110	1	0,001	110	0,009
4	539	13	0,014	41	0,024
5	432	21	0,022	21	0,049
6	1524	40	0,042	38	0,026
7	1175	70	0,074	17	0,06
8	5026	54	0,057	93	0,011
9	126	18	0,019	7	0,143
10	773	7	0,007	110	0,009
11	2525	49	0,052	52	0,019
12	230	7	0,007	33	0,03
13	1085	44	0,047	25	0,041
14	111	2	0,002	56	0,018
15	116	10	0,011	12	0,086
16	136	64	0,068	2	0,471
17	11	3	0,003	4	0,273
18	1692	73	0,077	23	0,043
19	6395	86	0,091	109	0,013
20	63	2	0,002	32	0,032
21	2069	66	0,07	31	0,032
22	4705	10	0,011	471	0,002
23	496	17	0,018	29	0,034
24	294	116	0,123	3	0,395
25	3000	156	0,165	19	0,052

липой, дубом и кленами с разнотравно-папоротниковым покровом. На нее приходится 31% площади ландшафта. Горельниками, покрытыми вейниковыми лугами, занято 14%.

2. Низкогорные средне- и сильнорасчлененные эрозивно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях (преимущественно кислых) с белоберезовыми, осиново-белоберезовыми и лиственничными

лесами и редколесьями с участием коренных лиственнично-еловых и пихтово-еловых лесов на буро-таежных почвах. Они занимают порядка 1192 км² (3% от площади ЕАО). Значения остальных ландшафтных метрик ниже средних показателей. Данный вид ландшафта характеризуется заметным антропогенным преобразованием растительного компонента. Преобладают производные белоберезовые, осиново-белоберезовые и листвен-

ничные леса и редколесья местами с участием дуба, кленов с разнотравно-папоротниковым и вейниково-брусничным покровом. На коренную растительность, представляющую собой листовеннично-еловые и пихтово-еловые леса местами с участием кедра корейского кустарничково-мелкотравно-зеленомошные и зеленомошно-разнотравно-папоротниковые, приходится только 20% площади ландшафта, горельники распространены на 164 км² (14% территории ландшафта).

3. Низкогорные сильнорасчлененные вулканогенные на кайнозойских лавах и туфах с производными редколесьями березы, лиственницы, ели аянской в сочетании с коренными листовеннично-еловыми лесами на буро-таежных почвах. Это единый вулканический массив, расположенный на северо-западе области. Его площадь 110 км². Уникальность этого ландшафта по степени распространения в ЕАО выражена в значении индекса уникальности и дробности контуров. Коренные елово-лиственничные мелкотравно-бруснично-зеленомошные и листовеннично-еловые кустарничково-мелкотравно-зеленомошные с брусничкой леса сохранились только на 23 км² (21% площади ландшафта). На горельники приходится около 11 км² (10%). Преобладают производные редколесья березы, лиственницы, ели с вейниково-брусничным покровом.

Группа видов: Возвышенных межгорных и внутригорных равнин

4. Возвышенные равнинные денудационно-аккумулятивные с листовенничными, листовеннично-белоберезовыми и осиново-белоберезовыми лесами и редколесьями с ерниково-тальниковыми зарослями на торфяно-глеевых и лугово-болотных почвах. Занимают долину р. Сутары. Их общая площадь 539 км² (1,5% площади ЕАО). Значения индексов говорят, что это один из наименее распространенных видов ландшафтов в регионе. В растительном покрове преобладают кустарничково-голубично-моховые листовенничные леса и редколесья с ерником в сочетании с редкостойными листовеннично-белоберезовыми вейниково-осоковыми, крупнокочкарными и моховыми. Формирование этих ландшафтов связано с развитием Сутарской межгорной впадины, которая представляет собой реликт пенепленизированного дочетвертичного фундамента и была отделена горообразованием от Среднеамурской рифтовой системы. Часть площади этого вида ландшафта глубоко трансформирована из-за 150-летней истории золотодобычи на этой территории.

Группа видов: Низменных равнин

5. Низменные подгорные равнинные аккумулятивно-денудационные на эллювиальных, делювиальных и проллювиальных породах с листовеннично-белоберезовыми лесами и редколесьями с ерниково-тальниковыми зарослями и мокрыми лугами на луговых глеевых почвах. Как правило, распространены у подножья восточных и юго-восточных склонов хребтов Сутарский, Шуки-Поктой. Их образование и функционирование связаны помимо зонального фактора с барьерным эффектом гор, который приводит к выпадению более высокого количества осадков в предгорных частях региона. В результате здесь получили распространение травяные и иногда моховые листовенничные редколесья в сочетании с ерниково-тальниковыми зарослями, переувлажненными вейниково-разнотравно-осоковыми лугами и травяными болотами. Этот вид ландшафтов распространен на площади 432 км² (1,2% площади региона). Индексы уникальности и дробности говорят о том, что это мало представленные в регионе природные комплексы со значительно рассредоточенными в пространстве отдельными контурами.

6. Низменные равнинные аккумулятивные аллювиальные и озерно-аллювиальные глинистые и суглинистые с комплексом листовеннично-белоберезово-осиновых лесов по релкам с осоково-разнотравно-вейниковыми лугами и болотами на торфяно-глеевых и лугово-болотных почвах. Как и предыдущий вид ландшафтов, находится под влиянием барьерного эффекта гор Малого Хингана и Буреинского хребта. Площадь этих ландшафтов – 1524 км² (4% территории ЕАО). В их основе преимущественно кустарничково-голубично-моховые листовенничные леса и редколесья с ерником. Значения ландшафтных метрик указывают, что этот вид ландшафта относится к группе широко распространенных в ЕАО.

Тип: Притихоокеанские широколиственнолесные (суббореальные гумидные)

Группа видов: Складчатых, глыбовых и вулканических гор

7. Низкогорные средне- и сильнорасчлененные эрозионно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях (преимущественно кислых) с пихтово-елово-кедровыми лесами с участием березы, кленов и других пород на бурых лесных почвах. Пихтовые и пихтово-еловые леса с кедром корейским, широколиственными породами (клены желтый, зе-

ленокорый, мелколистный, липа амурская и др.) рассматриваются геоботаниками в качестве переходных от хвойных к широколиственным [18]. Как и предыдущие два вида ландшафтов, они занимают верхний горный ярус. Для них характерен хорошо развитый подрост и травяной папоротниково-разнотравный покров. В подлеске преобладают чубушник тонколиственный, жимолость золотистоцветковая, лещина маньчжурская, бересклет мелкоцветковый, элеутерококк колючий и др. Их площадь – 1175 км² (3% площади области). Это один из самых распространенных в области видов ландшафтов с высоким значением индекса уникальности. Очень высокое количество ландшафтных контуров, скорее всего, связано с тем, что эти ландшафты приурочены к привершинным частям.

8. Низкогорные средне- и сильнорасчлененные эрозионно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях (преимущественно кислых) с кедрово-широколиственными лесами и производными смешанными широколиственными и мелколиственными лесами на бурых лесных почвах. Этот вид ландшафта занимает средний горный ярус. Общая площадь 5026 км² (14% площади ЕАО). Это второй по площади распространения в ЕАО вид ландшафта. Значение количества ландшафтных контуров выше среднего, средняя площадь контура тоже сравнительно высока. Непосредственно северные кедровники, которые характеризуются значительной примесью темнохвойных пород, клена желтого и участием бореальных элементов в травянистом покрове, занимают площадь 1553 км² (31% от площади ландшафта). Преобладает производная растительность: смешанные широколиственные леса с примесью мелколиственных и хвойных пород, а также широколиственные леса с преобладанием липы или дуба. Подлесок и травянистый покров часто унаследованы от коренных кедровников.

9. Низкогорные среднерасчлененные эрозионно-денудационные на мезозойских и палеозойских карбонатных породах с пихтово-елово-кедровыми лесами с участием березы, кленов и других пород на бурых лесных почвах. Занимают верхний горный ярус Помпеевского и Сутарского хребтов на площади 126 км². Приурочены к Хинганской карстовой области на юго-западе и в центральной части ЕАО. Приведенные в табл. 3 показатели ландшафтного разнообразия показывают, что это достаточно редкий вид ландшафта, но относительно широко фрагментирован. Из-за этого характеризуется одним из самых низ-

ких показателей средней площади контура.

10. Низкогорные среднерасчлененные эрозионно-денудационные на мезозойских и палеозойских карбонатных породах с кедрово-широколиственными лесами и производными смешанными широколиственными и мелколиственными лесами на бурых лесных почвах. Распространены на площади 773 км² (2% площади области). Эти ландшафты не имеют широкого распространения в ЕАО, выделяются малым количеством отдельных контуров и низкой фрагментированностью в пространстве. Кедровые леса занимают 310 км², это 40% от площади ландшафта. Физиономически аналогичны виду под номером восемь, отличаются подстилающими карбонатными горными породами, проявлением карстовых форм рельефа.

11. Низкогорные слабо- и среднерасчлененные эрозионно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях (преимущественно кислых) с дубовыми, дубово-черноберезовыми лесами и редколесьями на бурых лесных почвах. Широко распространены в нижнем высотном ярусе как в горах Малого Хингана, так и в изолированных горных массивах (хр. Даур, Чурки, Ульдуры). Общая площадь 2525 км² (7% территории ЕАО). Это средний показатель в регионе, как и значения остальных ландшафтных метрик. Кроме дуба и березы даурской в составе древостоя нередко участвуют липа, клен мелколистный, маакия амурская и др. В подлеске распространены леспедеца двуцветная, лещина разнолистная и маньчжурская, шиповник даурский и иглистый, рододендрон даурский. В травяном покрове доминируют осоки, а также разнотравье – василистник нитчатый, волжанка азиатская, володушка длинноручевая и др. В привершинных участках часто распространена брусника.

12. Низкогорные среднерасчлененные эрозионно-денудационные на мезозойских и палеозойских карбонатных породах с дубовыми, дубово-черноберезовыми лесами и редколесьями на бурых лесных почвах. Распространены на площади 230 км² на склонах Сутарского и Помпеевского хребтов в пределах Малохинганского карстового района. Как и все ландшафты, сформировавшиеся на карбонатных породах, этот вид мало распространен (индекс уникальности 0,007), имеет низкое количество отдельных контуров и небольшую их среднюю площадь.

13. Предгорные слаборасчлененные эрозионно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях (преимущественно кислых)

с дубовыми, дубово-черноберезовыми лесами и редколесьями на бурых лесных почвах. Эти холмистые и увалистые предгорные ландшафты с дубовыми лесами, часто паркового типа, и редколесьями распространены на площади 1085 км² (3% от площади региона). Значения всех ландшафтных метрик немного ниже средних показателей.

14. **Предгорные слаборасчлененные эрозионно-денудационные на мезозойских и палеозойских карбонатных породах с дубовыми, дубово-черноберезовыми лесами и редколесьями на бурых лесных почвах.** Распространены на площади всего 111 км², по этому показателю относятся к уникальным в ЕАО (индекс уникальности 0,002). Представлен всего двумя контурами. Редколесье дуба и березы даурской дополняется ильмом крупноплодным, липой (амурской и Таке). Местами характеризуются участием в травянистом покрове степной (даурской) флоры (трехбородник китайский, ковыль байкальский, нителестник сибирский и др.).

15. **Предгорные слаборасчлененные эрозионно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях (преимущественно кислых) со смешанными широколиственными и мелколиственными лесами на бурых лесных почвах.** Выделены только в северо-восточной части Еврейской автономной области на площади 116 км². Это один из наименее распространенных в регионе видов ландшафтов. Растительный покров характеризуется преобладанием тополе-ильмово-ясеневых лесов с лиственницей, елью, пихтой, мелколиственными породами в сочетании с порослевыми зарослями ильма японского, осины, клена приречного, маакии амурской и др.

16. **Холмистые слаборасчлененные эрозионно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях (преимущественно кислых) с дубовыми, дубово-черноберезовыми и осиново-белоберезовыми лесами и редколесьями с участием лиственницы на бурых лесных почвах.** Изолированные холмы (сопки) распространены на Среднеамурской низменности отдельно (Осиновые сопки), грядами (Биджанские остряки) или представляют собой горные отроги. Только у наиболее крупных абсолютная высота превышает 200–300 м. На юго-западе области в травянистом покрове этих ландшафтов отмечаются представители даурской флоры. На востоке в древесном ярусе широко представлена лиственница. Общая площадь этого вида ландшафта лишь 136 км². При этом это наиболее расчлененный вид с самым вы-

соким показателем индекса дробности ландшафтных контуров (0,471) и одним из самых больших чисел количества ландшафтных контуров. Для него характерно также самое маленькое значение средней площади контура (2 км²).

17. **Холмистые слаборасчлененные эрозионно-денудационные вулканогенные на кайнозойских лавах и туфах с дубовыми, дубово-черноберезовыми лесами и редколесьями на бурых лесных почвах.** Аналогичен предыдущему, но его происхождение связано с излиянием магм в кайнозое. В настоящее время подстилающими горными породами здесь являются базальт и туфы. Один из наиболее редких видов ландшафтов в регионе с общей площадью лишь 11 км². Выделено всего три ландшафтных контура с очень малым значением средней площади (4 км²). Фрагментарность очень высокая (индекс дробности 0,273).

Группа видов: Низменных равнин

18. **Низменные подгорные равнинные аккумулятивно-денудационные на эллювиальных, делювиальных и пролювиальных породах с дубово-черноберезовыми и осиново-белоберезово-дубовыми лесами и редколесьями на бурых лесных и луговых глеевых почвах.** На севере в составе лесной растительности может присутствовать лиственница, на юге клен мелколистный, липа. На крайнем юго-западе региона в травянистом покрове отмечаются представители степной флоры (трехбородник китайский, ковыль байкальский и др.). Распространены на площади 1692 км² (5% от площади области). Это один из широко представленных в регионе видов ландшафтов, индекс уникальности 0,077. Характеризуется одним из самых больших значений числа ландшафтных контуров, но фрагментированность средняя. Большое число отдельных выделов возможно объясняется их разделением сельскохозяйственными землями.

19. **Низменные равнинные аккумулятивные аллювиальные и озеро-аллювиальные глинистые и суглинистые с осиново-белоберезовыми с участием дуба, лиственницы и ивы козьей лесами по релкам с разнотравно-вейниковыми и разнотравно-серобородниковыми лугами и болотами на луговых глеевых, луговых болотных почвах.** Представляют собой луга и болота с разной степенью увлажнения в комплексе с лесной растительностью, состоящей из березы плосколистной, осины, дуба, лиственницы, ивы козьей, по релкам. Это преобладающий вид ландшафтов на Среднеамурской низменности в пределах Еврейской автономной области (ин-

декс уникальности 0,091 – самый высокий). Занимает площадь порядка 6395 км² (18% площади ЕАО). Отличается самым большим количеством ландшафтных контуров среди других видов ландшафтов (86) со средней площадью более 100 км². Расчленен сельскохозяйственными землями.

20. Низменные равнинные вулканогенные на кайнозойских лавах и туфах с дубово-черноберезовыми редколесьями на луговых глеевых почвах. Кроме особенностей генезиса и состава горных пород характеризуются присутствием в травянистом покрове степных видов растений. Малораспространенный вид ландшафта, представлен локально на юго-западе области. Площадь всего лишь 63 км², индекс уникальности один из самых низких – 0,002, на карте представлен всего двумя выделами.

Азональные и интразональные

Группа видов: Поймы горных и равнинных рек

21. Поймы горных рек на аллювиальных отложениях с комплексом лугов, болот и лиственничных лесов на пойменных почвах. В горах области в условиях густой речной сети они распространены на площади 2069 км² (6% территории ЕАО). Их значительная представленность в области подтверждается высоким значением индекса уникальности – 0,07 и большим числом ландшафтных контуров – 66. Комплексы заочкаренных осоково-разнотравно-вейниковых лугов и болот с лиственничными марями выше по течению сменяются багульниково-сфагновыми и травяными лиственничными лесами с примесью ели, пихты, ольхи и березы. В прибрежных участках отмечаются ивы, тополь Максимовича, чозения земляничниколистная.

22. Поймы равнинных рек на аллювиальных отложениях с комплексом долинных лесов, сырых и увлажненных лугов, болот, голубично-багульниковых марей и прирусловых зарослей ив на пойменных почвах. Общая площадь 4705 км² (13% площади области). Долинные леса кроме разных видов ив включают ильм японский, ясень маньчжурский, бархат амурский, клен приречный, черемуху азиатскую. Особо выделяются поймы рр. Амур и Тунгуска, для которых к представленной характеристике необходимо добавить распространение по сухим гривам дубовых и дубово-черноберезовых лесов, понижения заняты мокрыми и влажными вейниково-осоковыми лугами с осоковыми и травяными болотами с редколесьем ивы козьей. Низкий показатель индекса дробности ландшафтных контуров и одно из самых высоких значений средней площади контура

отражают их главную специфику – этот вид ландшафта фактически объединен речной системой Амура в пространстве в единый геокомплекс.

Группа видов: Болота

23. Болота мохово-пушицевые, осоковые и тростниковые на торфяно-глеевых и луговых болотных почвах. Обширные болотные массивы, которые выделяются на мелкомасштабной карте, занимают 496 км² на Среднеамурской низменности. Значения ландшафтных метрик средние.

Антропогенные (природно-антропогенные)

24. Селитебные и горнопромышленные. Площадь распространения этих трансформированных ландшафтов 294 км². В данную группу включены населенные пункты, места разработки или отработанных (но видимых на космоснимках) месторождений полезных ископаемых. Выделяются высокими значениями количества контуров, индекса уникальности и индекса дробности, что позволяет их рассматривать в качестве небольших по площади, но повсеместно представленных антропогенных ландшафтов.

25. Сельскохозяйственные угодья и лесовосстановительные посадки. Занимают более 3000 км². Их широкая представленность в ЕАО также подтверждается самым высоким значением индекса уникальности (0,165), самым большим числом ландшафтных контуров (156). Основные массивы сельскохозяйственных земель сосредоточены на Среднеамурской низменности в полосе вдоль Амура, Большой Биры и Транссибирской железнодорожной магистрали. В результате они характеризуются невысокой фрагментированностью, индекс дробности 0,052. Среди сельскохозяйственных земель осушительной мелиорацией охвачено 1387 км².

Заключение

Приведенные в работе 25 видов ландшафтов Еврейской автономной области относятся к пяти подклассам, двум классам и шести типам. Кроме того, на ландшафтной карте выделены антропогенно-преобразованные комплексы региона. Горнотундровые геосистемы в ЕАО представлены локально по отдельным вершинам в качестве верхнего ландшафтного яруса на крайнем севере региона. По площади преобладают ландшафты широколиственнолесного типа, занимающие 51% территории области, на таежные и подтаежные приходится 19%, столько же на долинные ландшафты, 10% – это антропогенные комплексы, 1% – болота. Важно обратить внимание на то, что болота распространены в ЕАО более широко, чем отражено на карте. Значительная их часть являет-

ся морфологическими компонентами других, в основном равнинных, видов ландшафтов. Коренные таежные леса сохранили свое преобладание только в среднегорных ландшафтах, однако они имеют тенденцию к сокращению площади из-за лесозаготовительной деятельности и пожаров. Низкогорные таежные ландшафты северной части ЕАО характеризуются преобладанием производных осиново-белоберезовых и лиственничных лесов и редколесий, широко представлены невосстановившиеся гари разных лет. Коренные елово-лиственничные и пихтово-еловые леса остались лишь на 20% от общей площади этих ландшафтов. Кедрово-широколиственные леса (северные кедровники) сохранились только на 32% от площади ландшафтов, которые сегодня заняты производным растительным покровом. При этом в расчетах не учтены низкогорья и предгорья с дубовыми лесами, в коренном или производном происхождении которых специалисты еще не определились.

Наибольшими площадями в ЕАО характеризуются ландшафты класса равнинных – низменные аллювиальные с осиново-белоберезовыми с участием дуба, лиственницы и ивы козьей лесами по релкам с разнотравно-вейниковыми и разнотравно-серобородниковыми лугами и болотами (№ 19) и поймы равнинных рек на аллювиальных отложениях с комплексом долинных лесов, сырых и увлажненных лугов, болот, голубично-багульниковых марей и прирусловых зарослей ив (№ 22). В горах наиболее распространены низкогорные ландшафты эрозионно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях с кедрово-широколиственными лесами и производными смешанными широколиственными и мелколиственными лесами (№ 8).

Самое большое количество контуров имеют антропогенные ландшафты, из которых селитебные (№ 24) выделяются одним из самых больших значений индекса дробности. Это показывает, что они встречаются во всех частях ЕАО (характеризуются высокой фрагментированностью). В отличие от них сельскохозяйственные ландшафты (№ 25) достаточно сильно приурочены к Среднеамурской низменности, в результате имеют более низкие показатели раздробленности. Из природных ландшафтов большим количеством контуров выделяются низменные аллювиальные с осиново-белоберезовыми с участием дуба, лиственницы и ивы козьей лесами по релкам с разнотравно-вейниковыми и разнотравно-серобородниковыми лугами и болотами (№ 19), низменные подгорные аккумулятивно-денудационные с дубово-черно-

березовыми и осиново-белоберезово-дубовыми лесами и редколесьями (№ 18) и низкогорные эрозионно-денудационные на докембрийских породах и интрузиях с пихтово-елово-кедровыми лесами с участием березы, кленов и других пород (№ 7). Первые два вида ландшафтов разбиты на отдельные контуры сельскохозяйственными землями, возникшими на их же месте; третий обладает большим количеством контуров по причине приуроченности к привершинным частям гор.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аваряскин Л.П. Рельеф // Вопросы географии Приамурья. Еврейская автономная область. Хабаровск: Изд-во Хаб. пед. инст., 1968. С. 11–18.
2. ВЕГА-Science: инструмент научного анализа данных спутниковых наблюдений биосферы. URL: <http://sci-vega.ru/> (дата обращения: 20.07.2016).
3. Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1986. 179 с.
4. Грунау Д.И. Климат // Вопросы географии Приамурья. Еврейская автономная область. Хабаровск: Изд-во Хаб. пед. инст., 1968. С. 22–27.
5. Иванов А.Н., Крушина Ю.В. Ландшафтное разнообразие и методы его измерения // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика: материалы XI междунар. ландшафтной конф., Москва, 22–25 августа 2006 г. М.: Географический факультет МГУ, 2006. С. 99–101.
6. Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1985. 320 с.
7. Исаченко А.Г., Шляпников А.А. Природа мира: ландшафты. М.: Мысль, 1989. 504 с.
8. Климина Е.М., Остроухов А.В., Борисова И.Г., Фетисов Д.М. Типология ландшафтов приамурских равнин для оценки ландшафтного разнообразия // Современные проблемы регионального развития: тезисы VI Международной научной конференции. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2016. С. 31–35.
9. Куренцова Г.Э. Очерк растительности Еврейской автономной области. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1967. 61 с.
10. Ландшафтная карта СССР. Масштаб 1:4 000 000 / отв. ред. А.Г. Исаченко. М.: ГУГК, 1988. 4 с.
11. Ландшафтно-индикационная карта Хабаровского края и Еврейской автономной области. Масштаб 1:1 000 000 / отв. исп. Л.А. Шаров. Хабаровск: ХГГП, 1995. 7 л.

12. Лупян Е.А., Савин И.Ю., Барталев С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 1. С. 190–198.
13. Нечаев А.П. Растительность // Вопросы географии Приамурья. Еврейская автономная область. Хабаровск: Изд-во Хаб. пед. инст., 1968. С. 44–56.
14. Отчет по теме 418 «Составление ландшафтно-индикационной карты Хабаровского края и Еврейской автономной области в масштабе 1:1 000 000 для целей геоэкологического картирования» за 1993–1995 годы / отв. исп. Л.А. Шаров. Хабаровск: ХГГП, 1995. 89 с.
15. Плюснин В.М. Ландшафтный анализ горных территорий. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2003. 257 с.
16. Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Алещенко Г.М. Разнообразие ландшафта и методы его измерения // География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во НУМЦ, 2002. С. 143–302.
17. Пурдик Л.Н., Червяков В.А., Шибких А.А. Факторы и картографический анализ ландшафтного разнообразия территории Алтайского края // География и природные ресурсы. 2007. № 1. С. 156–161.
18. Рубцова Т.А. Флора Малого Хингана. Владивосток: Дальнаука, 2002. 194 с.
19. Стельмах Е.В. Ландшафтный анализ территории и организация природопользования Еврейской автономной области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. ИВЭП ДВО РАН. Хабаровск, 2005. 22 с.
20. Фетисов Д.М. Антропогенная нарушенность природных ландшафтов российской части Малого Хингана // Вестник ДВО РАН. 2008. № 3. С. 51–57.
21. Фетисов Д.М. Особенности ландшафтного рисунка территории Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2009. № 11. С. 50–54.
22. Фетисов Д.М., Климина Е.М. Антропогенная трансформация геосистем Среднеамурской низменности: ретроспективный анализ // Региональные проблемы. 2015. Т. 18, № 4. С. 60–65.
23. Южная часть Дальнего Востока / под общ. ред. И.П. Герасимова. М.: Наука, 1969. 424 с.
24. Fetisov D.M. Landscape Diversity in the Russian Part of the Lesser Khingan // Geography and Natural Resources. 2011. Vol. 32, N 1. P. 116–121.
25. Gustafson E.J., Parker G.R. Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern // Landscape Ecology. 1992. Vol. 7, N 2. P. 101–110.

LANDSCAPE DIVERSITY IN JEWISH AUTONOMOUS REGION

D.M. Fetisov

In the paper, the author presents the results of the typological classification of modern landscapes in Jewish Autonomous region. Based on the genetic principle, it has been identified 25 types of landscape. It is provided a brief description of landscapes and a regional landscape map at a scale of 1:1 500 000. Natural complexes changed by human activities are marked on the regional landscape map as well. There are individual peaks of tundra patches locally presented as the upper landscape layer in the north of Jewish Autonomous region, but the small-scale map does not show them. In the region, there dominate landscapes with broadleaf forests; they occupy 51% of the area. The taiga and sub taiga cover 19% of the area; river valleys occupy 19%, anthropogenically transformed patches – 10%, and marshes – 1%. Many marshes are morphological components of other types of landscapes. The predominance of human-changed vegetation is characteristic of low-mountain landscapes.

Keywords: *geosystem, landscape, landscape diversity, landscape map, Jewish Autonomous Region.*

Правила оформления рукописи в журнале
«РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ»

1. Рукопись загружается на сайте журнала **rp.icarp-febras.ru** и высылается обычной почтой в 1 экз. **Бумажный носитель обязателен.**

Там же необходимо заключить договор с редакцией на публикацию статьи и размещение ее в Интернете, а также предоставить экспертное заключение учреждения, в котором выполнена работа.

2. Рекомендуем оформлять статью по рубрикам: актуальность (постановка проблемы), объект и методы, результаты исследования и их обсуждение, заключение, список литературы.

3. **На первой странице рукописи** в левом верхнем углу должен быть указан индекс по универсальной десятичной классификации (УДК). Затем по центру следует на русском и английском языках название статьи, инициалы и фамилии всех авторов, полное название организации, почтовый адрес, e-mail, аннотации и ключевые слова; текст.

4. Текст статьи должен быть набран в редакторе WinWord, шрифтом Times New Roman, 12 pt. Поля слева, сверху и снизу – 2,5 см, справа – не менее 1 см. Объем статьи не должен превышать **13 страниц текста**, напечатанного через **1,5 интервала**, включая список литературы, таблицы и рисунки. К публикации принимаются статьи на русском и английском языках.

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

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

7. Цитируемая литература приводится отдельным списком, перечисляется по алфавиту (в тексте оформляется квадратными скобками и порядковым номером списка) и оформляется в соответствии с ГОСТом (не более 20 источников литературы).

8. В конце рукописи необходимо четко указать название учреждения, фамилию, имя, отчество, ученую степень, звание, а также адрес (с индексом) и телефон автора.

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

10. Весь иллюстративный материал (графики, схемы, фотографии, карты) именуется рисунками и имеет сквозную порядковую нумерацию. Рисунки выполняются **в черно-белом цвете** 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.

Все материалы, опубликованные в журнале «Региональные проблемы», безгонорарные. Плата за их публикацию с авторов не взимается.

Адрес редакции: 679016, Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4. ИКАРП ДВО РАН, редакция журнала «Региональные проблемы». Ответственному секретарю Мищук С.Н. Электронный адрес: **reg.probl@yandex.ru** с пометкой «Региональные проблемы».