

ЭЛЕКТРОННАЯ СЕРИЯ «НАУКИ О ЗЕМЛЕ»

научного рецензируемого журнала

«ВЕСТНИК СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени М.К. АММОСОВА»

Сетевое научное периодическое издание

Издается с 2016 года

Издание выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»

№ 3(27) 2022

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

Главный редактор

А.Н. Николаев, д. б. н.

Заместитель главного редактора, редактор серии

Ю.Г. Данилов, к.г.н., проф.

Выпускающий редактор

В.Ю. Кузин, к.г.н.

Члены редакционной коллегии:

Г.А. Анциферова, д.г.н., *З.В. Атаев*, к.г.н., *Л.М. Ахромеев*, к.г.н., *А.А. Верчеба*, д.г.-м.н.,
А.Я. Григорьевская, д.г.н., *М.Н. Железняк*, д.г.-м.н., *М.М. Иудин*, к.т.н., *И.И. Ковлеков*, д.т.н.,
О.М. Кривошапкина, д.п.н., *С.А. Куропан*, д.г.н., *Я.Б. Легостаева*, к.б.н., *В.С. Марков*, к.т.н.,
В.Б. Михно, д.г.н., *В.В. Нескоромных*, д.т.н., *Ю.А. Нестеров*, к.г.н., *З.С. Никифорова*, д.г.-м.н.,
А.П. Пестерев, к.б.н., *Л.И. Полуфунтикова*, к.г.-м.н., *М.Ю. Присяжный*, д.г.н., *Н.А. Пуляев*, к.г.-
м.н., *А.Н. Саввинова*, к.г.н., *Н.В. Соловьев*, д.т.н., *В.Ю. Фридовский*, д.г.-м.н., *В.И. Часовский*,
д.г.н., *Х.Г. Асадов*, д.т.н., НИИ Аэрокосмической техники, г. Баку, Азербайджан, *Ж.-Л. Балэ*,
проф., университет Aix Marseille (Экс Марсель), Франция, *С. Ж-П. Гададь*, д.г.н., проф., уни-
верситет Aix Marseille (Экс Марсель), Франция, *Я. Колейка*, д.г.н., проф., университет Мазарик,
г. Брно, Чехия, *В. Уэргэми*, PhD, университет Aix Marseille (Экс Марсель), Франция.

Адрес учредителя и издателя: 677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58

Адрес редакции: 677000, г. Якутск, ул. Курашова, 30/4.

Тел./факс: (4112) 32-16-79

Северо-Восточный федеральный университет

<http://s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/unir/vestnik-svfu/>

VESTNIK OF NORTH-EASTERN FEDERAL UNIVERSITY
“EARTH SCIENCES” SERIES

Network scientific periodical

Published since 2016

The frequency of publication is 4 times a year

The founder and publisher is Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“The M.K. Ammosov North-Eastern Federal University”

№ 3(27) 2022

EDITORIAL BOARD OF THE SERIES

Editor-in-Chief

A.N. Nikovaev, Doctor of Biological Sciences

Deputy Editor-in-Chief, Editor of the Series:

Yu. G. Danilov, Candidate of Geographic Sciences, Professor

Commissioning Editor

V. Yu. Kuzin, Candidate of Geographic Sciences

Members of the Editorial Board of the Series:

G.A. Antsiferova, Dr. of Geographic Sciences, *Z.V. Ataev*, Cand. of Geographic Sciences, *L.M. Akhromeev*, Cand. of Geographic Sciences, *A.A. Vercheba*, Dr. of Geological and Minerological Sciences, *A.Ya. Grigorievskaya*, Dr. of Geographic Sciences, *M.N. Zhelezniak*, Dr. of Geological and Minerological Sciences, *M.M. Iudin*, Cand. of Engineering Sciences, *I.I. Kovlekov*, Dr. of Engineering Sciences, *O.M. Krivochapkina*, Dr. of Pedagogical Sciences, *S.A. Kurolap*, Dr. of Geographic Sciences, *I.B. Legostaeva*, Cand. of Biological Sciences, *V.S. Markov*, Cand. of Engineering Sciences, *V.B. Mikhno*, Dr. of Geographic Sciences, *V.V. Neskromnykh*, Dr. of Engineering Sciences, *Yu.A. Nesterov*, Cand. of Geographic Sciences, *Z.S. Nikiforova*, Dr. of Geological and Minerological Sciences, *A.P. Pesterev*, Cand. of Biological Sciences, *L.I. Polufuntikova*, Cand. of Geological and Minerological Sciences, *M.Yu. Prisyazhnyi*, Dr. of Geographic Sciences, *N.A. Puliaev*, Cand. of Geological and Minerological Sciences, *A.N. Savvinova*, Cand. of Geographic Sciences, *N.V. Soloviev*, Dr. of Engineering Sciences, *V.Yu. Fridovsky*, Dr. of Geological and Minerological Sciences, *V.I. Chasovsky*, Dr. of Geographic Sciences, *H.G. Asadov*, Dr. of Engineering Sciences, Research Institute of Aerospace Engineering, Baku, Azerbaijan, *Ballais Sebastien Jean-Louis*, Professor, University Aix Marseille, France, *Gadal Sebastien Jean-Paul*, Professor, University Aix Marseille, France, *Kolejka Jaromir*, Masaryk University, Professor, Brno, Ceska Republika, *Ouerghemmi Valid*, PhD, University Aix Marseille, France

Founder and publisher address: the North-Eastern Federal University, 677000, Yakutsk, ul. Belinskogo, 58.

Editors Office address: the North-Eastern Federal University, 677000, Yakutsk, ul. Kurashova 30/4.

Telephone/Fax: (4112) 32-16-79

<http://s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/unir/vestnik-svfu/>

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЛОГИЯ

Д.А. Рубан. Новейшие достижения международной геотектоники: на пути к хаосу..... 5

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Г.Р. г. Бабаева, Ю.Г. Данилов. Комбинированный метод измерения содержания влаги в почве 14
А.С. Куляндина, Е.А. Максимов, А.С. Свинобоев, М.Р. Марсанова. О результатах радиационного исследования мест наибольшего скопления людей в г. Якутск..... 21
А.П. Чевычелов, П.И. Собакин, А.Н.Горохов, Л.И.Кузнецова. Радиационная обстановка на золотоносных месторождениях Куранахского рудного поля (Южная Якутия) 33
Ф.Г. Агаев, Х.Г. Асадов, Э.А. Мамедова, Ю.Г. Данилов. Метод оценки степени температурной однородности подстилающей поверхности по спутниковым данным..... 44

ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТА

А.С. Нестерева, С.В. Калиничева. Сравнительная характеристика весовой влажности грунтов сезонно-талого слоя на разных ландшафтах в районе г.Якутска (местность Кердюген) 52

ГИДРОЛОГИЯ

Н.И. Тананаев, Н.А. Находкин, А.О. Голованов. Природные факторы возникновения наводнений в среднем течении р. Амга, Центральная Якутия 61

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Н.К. Харламьева. Пространство знания об Арктике в сфере общественных и гуманитарных наук 76
Л.С. Пахомова. История географических исследований северо-востока островной Арктики России в антропонимах 87

CONTENT

GEOCOLOGY

<i>D.A. Ruban.</i> The latest achievements of international geotectonics: on the way to chaos.....	5
--	---

APPLIED RESEARCH

<i>G.R. g. Babaeva, Yu.G. Danilov.</i> Combined method for measuring soil moisture content	14
<i>A.S. Kulyandina, E.A. Maximov, A.S. Svinoboev, M.R. Marsanova.</i> On the results of radiation research of places of the greatest cumularity of people in Yakutsk	21
<i>A.P. Chevychelov, P.I. Sobakin, A.N. Gorokhov, L.I. Kuznetsova.</i> Radiation situation at the gold-bearing deposits of the Kuranakh ore field (South Yakutia).....	33
<i>F.G. Agaev, H.H. Asadov, E.A. Mammadova, Yu.G.Danilov.</i> Method for estimating the degree of temperature homogeneity of the underlying surface from satellite data	44

LANDSCAPE AND LANDSCAPE GEOCHEMISTRY

<i>A.S. Nestereva, S.V. Kalinicheva.</i> Comparative characteristics of the weight moisture content of soils of the seasonally thawed layer on different landscapes in the area of Yakutsk (Kerdugena area)	52
---	----

HYDROLOGY

<i>N.I. Tananaev, N.A. Nakhodkin, A.O. Golovanov.</i> Natural drivers of high floods in the middle reach of the Amga River, Central Yakutia	61
---	----

ECONOMIC, SOCIAL, POLITICAL AND RECREATIONAL GEOGRAPHY

<i>N.K. Kharlampieva.</i> The Arctic area of knowledge in social and humanitarian sciences	76
<i>L.S. Pakhomova.</i> History of geographical research of the North-East of the island Arctic of Russia in anthroponyms.....	87

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.24

DOI 10.25587/SVFU.2022.27.3.010

Д.А. Рубан

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет), г. Москва, Россия

НОВЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ГЕОТЕКТониКИ: НА ПУТИ К ХАОСУ

Аннотация. Геотектонические исследования имеют большое значение в развитии геологии, а потому полученные в ходе их выполнения результаты заслуживают пристального внимания. Настоящий обзор фокусируется на новейших достижениях магистрального направления международной геотектоники, связанного с изучением динамики тектонических блоков в геологическом пространстве и времени, которые представлены в трех статьях, опубликованных в ведущих научных журналах. Методической основой является критический анализ содержания этих работ, в ходе которого выявляются основные проблемы соответствующих исследований. Результаты указывают на «прорывной» характер последних, значение которых снижается рядом методологических и фактологических проблем. Прежде всего, эти проблемы касаются геотектонической номенклатуры. Она зачастую оказывается неупорядоченной, допускающей смешение единиц разного ранга. Платформенные области характеризуются упрощенно и при этом со смешением важных понятий. Например, щитами называют платформы, а кратонами – щиты. Попытка картирования последних фаз орогенеза наталкивается на бессистемность в их номенклатуре. При этом для некоторых участков орогенических режимы вовсе не отмечаются. Рассматриваемые работы основаны на неполной информации, что особенно проявляется для территории России. Например, некорректно интерпретировано соотношение орогена Большого Кавказа и предшествовавшего ему осадочного бассейна. В других случаях можно отметить произвольное отношение к структурам Урала и Восточной Сибири. В целом, обозначенные в настоящем обзоре проблемы указывают на противоречивость современных международных геотектонических исследований. Одной из основных причин видится недостаток внимания к концептуальным разработкам. Традиции российской геотектоники создают основу для преодоления отмеченной хаотичности отечественными специалистами.

Ключевые слова: геотектонические исследования, литосферные плиты, методология, научные публикации, орогены, палеотектоника, платформы, реконструкции, тектонический режим, террейны.

РУБАН Дмитрий Александрович – к.г.-м.н., Ph.D., доцент, н.с. Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), г. Москва, Россия.
E-mail: ruban-d@mail.ru

RUBAN Dmitry Aleskandrovitch – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Ph.D., Associate Professor, Researcher, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), Moscow, Russia.

E-mail: ruban-d@mail.ru

*D.A. Ruban*K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University), Moscow, Russia**THE LATEST ACHIEVEMENTS OF INTERNATIONAL GEOTECTONICS:
ON THE WAY TO CHAOS**

Abstract. Geotectonical investigations have big importance for development of geology, and this is why their results deserve close attention. The present review focuses on the latest achievements of the principal direction of international geotectonics linked to the studies of dynamics of tectonic blocks in the geological time and space, which are represented in three articles published by the leading scientific journals. The methodological foundation is a critical analysis of the content of these works, which allows revealing the main problems of the related investigations. The results indicate on the advanced character of the latter, the significance of which is diminished by some methodological and factological problems. First of all, these problems are related to geotectonical nomenclature. Platform domains are characterized simplistically and with mixed terms. For example, platforms are named as shield, and shields are named as cratons. The attempt to map last orogenic phases faces the irregularity of orogenic phase naming. For some plots, orogenic regimes are not established. The considered works are based on incomplete information, especially for the Russian territory. For instance, the relation between the Greater Caucasus orogen and the preceding sedimentary basin is interpreted incorrectly. In other cases, it is possible to note unjustified treatment of the Uralian and East Siberian structures. Generally, the problems established in the present review indicate on controversies in the contemporary international geotectonical investigations. Insufficient attention to conceptual developments is thought to be one of the main causes. The traditions of the Russian geotectonics form the basis for overcoming the noted chaos by domestic specialists.

Keywords: geotectonic research, lithospheric plates, methodology, scientific publications, orogens, paleotectonics, platforms, reconstructions, tectonic regimes, terranes.

Введение

Роль геотектонических исследований в развитии геологии в целом была и остается исключительной, т.к. они вносят огромный вклад в формирование концептуальной основы для корректного понимания эволюции Земли. После огромного «прорыва», связанного с утверждением представлений о литосферных плитах, ученые стали все больше фокусироваться на частных и/или сугубо региональных вопросах, касающихся развития земной коры. Однако при этом оформилось магистральное направление исследований, связанное с разработкой планетарных моделей, представляющих динамику литосферных плит в пространстве и времени. Наибольшие успехи были достигнуты в начале 2000-х годов, когда появилось несколько вариантов реконструкции этой динамики. Обзор соответствующих моделей, суммирующий полученный на то время опыт, был представлен автором ранее [1].

Удивительно, что за более чем полтора десятилетия, прошедшие со времени появления вышеупомянутых реконструкций, данное направление развивалось не столь бурно, как можно было бы ожидать. Безусловно, предлагаемые палеотектонические модели дискутировались и уточнялись; имела место их некоторая детализация, особенно для домезозойских этапов развития Земли. Наибольший прогресс был связан с исследованиями группы проф. Д. Мюллера из Сиднейского университета (Австралия) [2] и группы проф. Т. Торсвика из Университета Осло (Норвегия) [3]. Однако, несмотря на соответствующие достижения, вряд ли можно говорить о фундаментальных изменениях палеотектонических представлений, особенно в сравнении с тем прогрессом, который был достигнут в начале 2000-х годов. К настоящему времени нет ни определенности относительно начала действия механизмов тектоники литосферных плит [4], ни уверенной расшифровки даже крупных геотектонических трансформаций докембрия [5]. Ситуация стала меняться с начала 2020-х годов, когда разными исследователями в ведущих международных научных журналах был опубликован ряд статей, которые фиксируют

существенные сдвиги в рамках вышеотмеченного направления геотектонических исследований. Они заслуживают самого пристального внимания, т.к. претендуют на роль «эпохальных» работ, предлагающих действительно новые взгляды.

Целью настоящей работы обзорного типа является определение качества новейших геотектонических разработок на трех представительных примерах. Это важно не только для ознакомления российских геологов с ними в систематизированном виде, но и для обсуждения того, в каком состоянии пребывает международная геотектоника. Видится исключительно важным ориентировать этот обзор именно на отечественную аудиторию, которая, имея в распоряжении богатые, оригинальные традиции геотектонических исследований, способна не только корректно оценивать текущий научный опыт, но и влиять на него. Кроме того, фундаментальность выбранных для анализа статей и факт их публикации в авторитетных изданиях не должны вводить в заблуждение. Отечественным геологам не стоит ни игнорировать такого рода разработки, ни воспринимать их в качестве некоторой новой научной доктрины.

Критический анализ работ

Три анализируемые работы затрагивают разные аспекты палеотектоники, однако так или иначе имеют прямое отношение к моделированию динамики литосферных плит (табл. 1). Несмотря на различия в их характере, стоит отметить, что все они в той или иной мере основаны на оригинальных методиках. Заслуживает внимание тот факт, что они опубликованы не в узкоспециализированных, тектонических, а именно в общегеологических журналах, что является свидетельством как интереса международного исследовательского сообщества к геотектоническим построениям, так и все-таки подчиненной роли тектонических журналов (для сравнения некоторые палеогеографические и палеонтологические издания успешно конкурируют с общегеологическими). Стоит также добавить, что в число авторов этих статей входят крупнейшие, выдающиеся геологи современности.

Таблица 1 – Общие сведения об анализируемых работах

Статья	Фокус	Характер	Журнал
[6]	Палеотектоника и палеогеография	Аналитический	Общегеологический
[7]	Палеотектоника и строение орогенов	Обзорно-аналитический	Общегеологический с фокусом на геотектонику
[8]	Палеотектоника и типизация геосреды	Аналитическо-методологический	Общегеологический

Первая из рассматриваемых работ представляет серию новых реконструкций глобального пространства [6]. В ее основу положены ранее разработанные палеотектонические модели, однако скорректированные с учетом новых данных. Наиболее важная коррекция касалась уточнения положения береговой линии и контуров шельфа с использованием палеонтологической информации из проекта «Палеобиологическая база данных». Результатом стали глобальные реконструкции положения континентальных масс и шельфов для каждого века фанерозоя. Безусловно, эта работа знаменует прогресс в палеотектонике, т.к. позволяет проследить комплекс изменений положения основных блоков литосферы с довольно высокой точностью.

При детальном рассмотрении этой работы возникает ряд вопросов. Прежде всего, значительная временная детальность представленных моделей (шаг между многими реконструкциями составляет всего 5 млн. лет) минимизируется относительно низкой пространственной деятельностью. Несмотря на предпринятую коррекцию с использованием огромного массива палеонтологической информации, представленные реконструкции позволяют судить о положении и видоизменениях лишь крупных континентальных масс в планетарном масштабе, однако сфокусироваться на отдельных регионах или террейнах затруднительно. Еще более важный

вопрос связан с использованием информации из вышеотмеченной «Палеобиологической базы данных». Последняя, безусловно, является масштабным международным проектом, позволяющим сконцентрировать гигантские объемы информации. Однако обращение к этой базе данных легко выявляет ее неполноту, которая тем более проявляется при рассмотрении непродолжительных интервалов геологического времени (например, веков) или отдельных крупных территорий. Значительная неполнота содержащейся в ней информации характерна для России, что имеет важное значение с учетом расположения на территории последней таких крупных палеотектонических единиц как Балтика и Сибирь (имеются в виду самостоятельные континентальные блоки, существовавшие в прошлом). Более того, не вся содержащаяся в этой базе информация имеет должное стратиграфическое разрешение, и, как отмечают сами авторы рассматриваемой работы [6], им пришлось исключить до 20 % от ее общего количества, что, безусловно, очень много. Вполне очевидно, что при выполнении исследования потребовались значительные генерализация и упрощение информации. Отсюда следуют закономерные вопросы о том, насколько эти процедуры снизили детальность реконструкций, и не оказалась ли она меньше, чем требует прогресс палеотектонических знаний. Сказанное выше, безусловно, не снижает «прорывного» значения рассматриваемой статьи, однако дает наглядный пример того, как развитие палеотектонических представлений наталкивается на неполноту и несовершенство требуемой для этого сторонней информации.

В другой работе детальный анализ мезозойско-кайнозойской эволюции орогенов Средиземноморского пояса служит основой для высокоточных палеотектонических реконструкций, выполненных с шагом от 15 до 30 млн. лет [7]. Они отличаются значительной аккуратностью, детальностью во времени и пространстве, вниманием не только к крупным блокам, но и отдельным, в том числе довольно мелким террейнам. Важно, что идентифицированы как известные в настоящее время, так и древние структуры. Несомненно, данная работа намного улучшает наше понимание палеотектоники одного из ключевых регионов планеты.

Положенное в основу рассматриваемой работы исследование видится довольно удивительным в методологическом отношении. Авторы указывают, что ранее предпринимавшиеся реконструкции основаны на различной информации, в результате чего были сделаны трудно сопоставимые выводы [7]. Для большей достоверности новых реконструкций предлагается сфокусироваться на ограниченных наборах данных. Такое решение видится сомнительным, т.к. по сути означает шаг назад в разработках. Гораздо логичнее было бы разобраться в причинах различий в палеотектонических интерпретациях при использовании разной информации и разработать методику минимизации соответствующей неточности. В противном же случае новые реконструкции сами оказываются лишь одним из возможных вариантов, и в случае их противоречия палеонтологической или какой-либо другой информации они все равно не будут восприниматься как однозначно правильные. Конечно, предлагать новые модели с использованием ограниченного, условно однородного объема информации возможно и даже нужно. Однако они в таком случае не могут ни претендовать на универсальность, ни тем более считаться по определению более совершенными. Еще один вопрос касается геотектонической номенклатуры. Например, авторы определяют огромную область к северу от рассматриваемых ими орогенов просто как Евразию, помечая часть ее южной периферии как Скифию. С одной стороны, Евразия – это современный континент (географическое понятие), который включает в том числе и орогены. С другой стороны, вряд ли можно предполагать наличие столь гигантского, как показано на реконструкциях, и при этом однородного и стабильного участка земной коры, начиная с триаса. Например, на протяжении мезозоя Предкавказье сохраняло достаточную тектоническую активность, особенно в триасе–ранней юре [9-10]. Положенный в основу реконструкций синтез данных об эволюции орогенов заслуживает высокой оценки, однако при детальном рассмотрении налицо дефицит информации – как минимум, по российским регионам. Например, достаточно странно видеть сосуществование Большого Кавказа (поздне-

кайнозойский ороген) и бассейна Большого Кавказа (задуговой бассейн, существовавший в юре–палеогене). На самом деле первый наследовал второму [11]. При этом западное окончание отмеченного бассейна показано приблизительно возле Сочи. В целом, данные реконструкции отображают Юг России исключительно примитивно. Налицо явно упрощенное и даже вольное обращение с информацией, использованной в недостаточном количестве. Безусловно, палео-тектонические интерпретации для более известных авторам регионов Южной Европы должны быть более достоверными. Однако и в этом случае вызывает удивление упрощенное отношение к прилегающей к ним с севера территории, маркированной как Евразия. Как и в предыдущем случае, «прорывной» характер данной работы очевиден, равно как и проблемы с ее методологической и фактологической основами.

Третья работа затрагивает несколько важных аспектов геотектоники, включая систематизацию знаний о современных литосферных плитах, создание глобальной модели геологических провинций и картирование времени окончания орогенических движений [8]. Авторы основывались на разнообразной информации, и объемы выполненных ими оригинальных интерпретаций выглядят впечатляюще. Более того, предлагаемые подходы предлагают новое (отчасти переосмысленное старое) для современной международной геотектоники видение долговременных процессов. Огромным преимуществом является попытка высокоточной пространственной привязки схем и моделей, которая обеспечивается инструментарием GIS-технологий и дистанционного зондирования. В этом отношении рассматриваемая статья [8] оказывается действительно «новым словом» в расшифровке современных и древних тектонических процессов, которая невозможна без надежной географической фиксации.

Тем не менее, и в методологическом, и в фактологическом отношении рассматриваемая работа [8] вызывает ряд сомнений. Начать необходимо с предлагаемой схемы литосферных плит. Авторы показывают, как крупные (главные), хорошо известные блоки, так и микроплиты. Более того, они выделяют новую категорию – зоны деформации. Отчасти это оправдано, т.к. последние могут иметь значительную ширину и включать мелкие блоки – террейны и «осколки» литосферных плит. Однако авторы ассоциируют микроплиты и зоны деформации с крупными литосферными плитами, рассматривающимися как «материнские». Во всех ли случаях это уместно? Ведь отдельные террейны, входящие в зоны деформации, вполне могут быть экзотическими, т.е. не имеющими генетической связи с крупными плитами, возле которых расположены. Более того, допустимо ли считать, что все или хотя бы некоторые микроплиты не демонстрируют индивидуального развития? Эти вопросы требуют самой серьезной проработки.

Еще более удивительной выглядит предлагаемая модель геологических провинций. Как следует из пояснений [8], на ней для отдельных крупных блоков установлен тектонический режим, в котором накапливались доминирующие комплексы. Однако при этом, с одной стороны, не учитывается время проявления этого режима, а, с другой, – используется в высшей степени эмпирическая классификация режимов. Относительно последней можно сказать, что режимы описываются как бассейновый, орогенный, островодужный, узкорифтовый, широкорифтовый, офиолитовый, магматической провинции и т.п. Термин «щит» используется для платформ, «кратон» – для щитов, а термин «бассейн» как некое подобие понятию «синеклиза» не имеет пары, обозначающей антеклизу. Помимо хаотичности понятийной базы, которая имеет решающее значение при разработке моделей такого рода, необходимо подчеркнуть поверхностную, бессистемную трактовку режимов платформенных областей. Обращаясь к территории России, можно увидеть, что Урал показан в качестве орогенного пояса, от которого на запад отходит крупная ветвь, разрывающая Русскую платформу южнее Балтийского щита. Совершенно непонятно, что может служить основанием для такой интерпретации. В целом, предлагаемая в итоге модель выглядит несовершенной, а положенные в ее основу принципы не выдерживают сравнения с советскими разработками в области тектонического районирования и картографирования [12–14], даже с учетом того, что многие из последних имеют устаревшую фиксированную основу.

Наконец, стоит обратить внимание на представленную карту, где дается районирование по времени последней орогении [8]. С одной стороны, нельзя не отметить ее детальность в том плане, что она отражает не «стандартные», давно устаревшие временные рамки крупных эпох орогенеза, а фокусируется на отдельных, в том числе сугубо региональных орогенических фазах. С другой стороны, нельзя не отметить методологическую непоследовательность. Например, если рассматривается единая варисцийско-герцинская орогения, то насколько оправдано обособление уральской орогении? Несколько удивительно выглядит выделение в Восточной Сибири вопмэйской орогении. Более того, сам фокус именно на орогенезе выглядит странным с учетом многообразия активных тектонических режимов. При этом если такой фокус все-таки выбран, то зачем в таком случае авторы отдельно отмечают некоторые территории как соответствующие рифтам и кратонам? Действительно ли в их пределах орогенеза никогда не было? Еще один вопрос связан с тем, насколько узко авторы трактуют понятие «орогенез». Например, Урал представляет собой область кайнозойской активизации блоковых движений, которая вполне может быть интерпретирована как своеобразный ороген, который хотя и наследует в определенной степени уральской (палеозойской) орогении, самостоятелен по отношению к ней [15-16].

Справедливости ради необходимо отметить, что авторы статьи [8] сами признают необходимость коррекции их построений. Однако при этом такая коррекция должна носить фундаментальный характер с учетом сказанного выше о методологических проблемах и дефиците информации. Стоит добавить, что цветовое исполнение некоторых ключевых схем, представленных в данной статье, не выдерживает критики, затрудняя их общее понимание и использование (в том числе применительно к конкретным регионам).

Обсуждение результатов

Критический анализ трех важных геотектонических работ обнаруживает не только их явно «прорывной» характер, но и слабые места (табл. 2). Для них характерна произвольность, бессистемность или, как минимум, несовершенство методологической основы и дефицит информации по крупным территориям, включая российские. Кроме того, стоит отметить, недостаток внимания некоторых авторов к предшествующим и при этом весьма актуальным разработкам других специалистов.

Таблица 2 – Выявленные проблемы анализируемых работ

Статья	Игнорирование альтернатив	Методологические проблемы	Нехватка информации по России
[6]	Частично	Умеренные	Значительная
[7]	Частично	Неочевидные	Значительная
[8]	Нет	Значительные	Значительная

Кажется, что современная международная геотектоника, с одной стороны, вновь начала демонстрировать признаки прогресса (в частности, речь идет о направлении исследований, связанном с разработкой планетарных моделей, представляющих динамику литосферных плит), а, с другой, – явно следует по пути к хаосу, что заметно снижает ценность новых достижений. Более того, произвольное обращение с методикой и фактической информацией заметно сужают как возможности дальнейшего развития предложенных идей, так и их сопоставление с заключениями, сделанными в ходе прочих геологических исследований. Здесь уместно вспомнить о проблеме сходимости информации как препятствии совершенствования палеотектонических построений [7]. В качестве одной из главных причин недостаточно высокого качества новейших геотектонических разработок можно назвать характерный для современной международной науки низкий интерес к концептуальной проработке геологической информации [17], которая как раз и обеспечивает появление тщательно выверенных методик, сбалансированных классификаций и при этом требует развития навыков качественной работы с фактическими данными.

Хотя настоящий обзор касается содержания всего трех статей, необходимо подчеркнуть, что речь идет о потенциально наиболее значимых из появившихся в последнее время работ, авторами которых являются ведущие ученые. Более того, данные статьи были опубликованы в солидных журналах, что предполагает их оценку редакторами и рецензентами, также представляющими мировое исследовательское сообщество. Следовательно, по этим работам вполне резонно судить о состоянии международных геотектонических исследований.

Заключение

Настоящий обзор обращает внимание на противоречивость развития современной геотектоники (особенно в части палеотектоники как ее магистрального направления). В последнее время появились новые разработки, которые важны, но при этом проблематичны с методологической и фактологической точек зрения. Вопросы вызывают, в частности, классификации тектонических режимов, поверхностное отношение к платформенным областям и отсутствие корректного понимания геологии ряда крупных территорий. Ни одна из трех критически разобранных работ не может удовлетворить потребностей современных геологов, нуждающихся в качественных моделях, описывающих динамику литосферных плит и меньших блоков в пространстве и времени.

В связи со сказанным возникает закономерный вопрос о той роли, которую могут и, очевидно, должны сыграть российские специалисты в области геотектоники. В отечественной науке накоплен значительный опыт тектонического картографирования и разработки классификаций, а также имеются значительные объемы информации о строении территории страны. Модернизация этих знаний и их использование для решения актуальных и при этом глобальных задач видятся вполне возможными. Потребность в этом существует и в российской, и в международной науке, и ее удовлетворение вполне могло бы способствовать достижению целей академического лидерства отечественного научного сообщества.

Литература

1. Рубан Д.А. Обзор некоторых глобальных и региональных палеотектонических реконструкций, опубликованных в 2001-2004 гг. / Д.А. Рубан // Геотектоника. – 2006. – № 5. – С. 92–95. doi: 10.1134/S0016852106050074.
2. Muller R.D., Zahirovic S., Williams S.E., Cannon J., Seton M., Bower D.J., Tetley M.G., Heine C., Le Breton E., Liu S., Russell S.H.J., Yang T., Leonard J., Gurnis M. A Global Plate Model Including Lithospheric Deformation Along Major Rifts and Orogens Since the Triassic // *Tectonics*. – 2019. – vol. 38. – P. 1884–1907. doi: 10.1029/2018TC005462.
3. Domeier M., Torsvik T.H. Full-plate modeling in pre-Jurassic time // *Geological Magazine*. – 2019. – vol. 156. – P. 261–280. doi: 10.1017/S0016756817001005.
4. Mitchell R.N., Spencer C.J., Kirscher U., Wilde S.A. Plate tectonic-like cycles since the Hadean: Initiated or inherited? // *Geology*. – 2020. – vol. 50. – P. 827–831. doi: 10.1130/G49939.1.
5. Nance R.D., Evans D.A.D., Murchy J.B. Pannotia: To be or not to be? // *Earth-Science Reviews*. – 2022. – vol. 232. – P. 104128. doi: 10.1016/j.earscirev.2022.104128.
6. Kocsis A.T., Scotese C.R. Mapping paleocoastlines and continental flooding during the Phanerozoic // *Earth-Science Reviews*. – 2021. – vol. 213. – P. 103463. doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103463.
7. Van Hinsbergen D.J.J., Torsvik T.H., Schmid S.M., Matenco L.C., Maffione M., Vissers R.L.M., Gurer D., Spakman W. Orogenic architecture of the Mediterranean region and kinematic reconstruction of its tectonic evolution since the Triassic // *Gondwana Research*. – 2020. – vol. 82. – P. 79-229. doi: 10.1016/j.gr.2019.07.009
8. Hasterok D., Halpin J.A., Collins A.S., Hand M., Kreemer C., Gard M.G., Glorie S. New Maps of Global Geological Provinces and Tectonic Plates // *Earth-Science Reviews*. – 2022. – vol. 231. – P. 104069. doi: 10.1016/j.earscirev.2022.104069
9. Рубан Д.А. Ключевые интервалы тектонической истории Юга России в свете результатов новых исследований. – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2019. – 62 с.

10. Улановская Т.Е. Фундамент Скифской плиты: как недоработки в стратиграфии сказались на представлениях о тектонике / Т.Е. Улановская, В.В. Калинин // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2016. – № 3. – С. 76–84.
11. Mosar J., Mauvilly J., Koiava K., Gamkrelidze I., Enna N., Lavrishev V., Kalberguenova V. Tectonics in the Greater Caucasus (Georgia – Russia): From an intracontinental rifted basin to a doubly verging fold-and-thrust belt // *Marine and Petroleum Geology*. – 2022. – vol. 140. – P. 105630. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2022.105630.
12. Пушаровский Ю.М. Тектонические карты / Ю.М. Пушаровский // Природа. – 1968. – № 10. – С. 40–45
13. Спизарский Т.Н. Обзорные тектонические карты СССР (Составление карт и основные вопросы тектоники). – Л.: Недра, 1973. – 240 с.
14. Хаин В.Е., Агабеков М.Г., Шарданов А.Н. Тектоническая карта Азербайджанской ССР в масштабе 1:500000 (К методике составления) // Труды совещания по тектонике Альпийской геосинклинальной области Юга СССР. – Баку: АН АзССР, 1956. – С. 37–52.
15. Бачманов Д.М. Неотектоника Урала (проблемы и решения) / Д.М. Бачманов, Н.Н. Говорова, С.Ф. Скобелев, В.Г. Трифонов // Геотектоника. – 2001. – № 5. – С. 61–75.
16. Рождественский А.П. Новейший орогенез и формирование Уральских гор / А.П. Рождественский // Геологический сборник. – 2000. – № 1. – С. 22–24.
17. Ruban D.A. Unawareness and Theorizing in Modern Geology: Two Examples Based on Citation Analysis // *Earth*. – 2020. – vol. 1. – P. 1–14. doi: 10.3390/earth1010001.

References

1. Ruban D.A. Obzor nekotoryh global'nyh i regional'nyh paleotektonicheskikh rekonstrukcij, opublikovannyh v 2001–2004 gg. / D.A. Ruban // *Geotektonika*. – 2006. – № 5. – С. 92–95. doi: 10.1134/S0016852106050074.
2. Muller R.D., Zahirovic S., Williams S.E., Cannon J., Seton M., Bower D.J., Tetley M.G., Heine C., Le Breton E., Liu S., Russell S.H.J., Yang T., Leonard J., Gurnis M. A Global Plate Model Including Lithospheric Deformation Along Major Rifts and Orogens Since the Triassic // *Tectonics*. – 2019. – vol. 38. – P. 1884–1907. doi: 10.1029/2018TC005462.
3. Domeier M., Torsvik T.H. Full-plate modeling in pre-Jurassic time // *Geological Magazine*. – 2019. – vol. 156. – P. 261–280. doi: 10.1017/S0016756817001005.
4. Mitchell R.N., Spencer C.J., Kirscher U., Wilde S.A. Plate tectonic-like cycles since the Hadean: Initiated or inherited? // *Geology*. – 2020. – vol. 50. – P. 827–831. doi: 10.1130/G49939.1.
5. Nance R.D., Evans D.A.D., Murchy J.B. Pannotia: To be or not to be? // *Earth-Science Reviews*. – 2022. – vol. 232. – P. 104128. doi: 10.1016/j.earscirev.2022.104128.
6. Kocsis A.T., Scotese C.R. Mapping paleocoastlines and continental flooding during the Phanerozoic // *Earth-Science Reviews*. – 2021. – vol. 213. – P. 103463. doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103463.
7. Van Hinsbergen D.J.J., Torsvik T.H., Schmid S.M., Matenco L.C., Maffione M., Vissers R.L.M., Gurer D., Spakman W. Orogenic architecture of the Mediterranean region and kinematic reconstruction of its tectonic evolution since the Triassic // *Gondwana Research*. – 2020. – vol. 82. – P. 79–229. doi: 10.1016/j.gr.2019.07.009
8. Hasterok D., Halpin J.A., Collins A.S., Hand M., Kreemer C., Gard M.G., Glorie S. New Maps of Global Geological Provinces and Tectonic Plates // *Earth-Science Reviews*. – 2022. – vol. 231. – P. 104069. doi: 10.1016/j.earscirev.2022.104069
9. Ruban D.A. Kljuchevyje intervaly tektonicheskij istorii Juga Rossii v svete rezul'tatov novyh issledovanij. – Rostov-na-Donu: DGTU-Print, 2019. – 62 s.
10. Ulanovskaja T.E. Fundament Skifskoj plity: kak nedorabotki v stratigrafii skazalis' na predstavlenijah o tektonike / T.E. Ulanovskaja, V.V. Kalinin // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2016. – № 3. – С. 76–84.
11. Mosar J., Mauvilly J., Koiava K., Gamkrelidze I., Enna N., Lavrishev V., Kalberguenova V. Tectonics in the Greater Caucasus (Georgia – Russia): From an intracontinental rifted basin to a doubly verging fold-and-thrust belt // *Marine and Petroleum Geology*. – 2022. – vol. 140. – P. 105630. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2022.105630.

12. Pushharovskij Ju.M. Tektonicheskie karty / Ju.M. Pusharovskij // Priroda. – 1968. – № 10. – S. 40–45
13. Spizharskij T.N. Obzornye tektonicheskie karty SSSR (Sostavlenie kart i osnovnye voprosy tektoniki). – L.: Nedra, 1973. – 240 s.
14. Hain V.E., Agabekov M.G., Shardanov A.N. Tektonicheskaja karta Azerbajdzhanskoj SSR v masshtabe 1:500000 (K metodike sostavlenija) // Trudy soveshhanija po tektonike Al'pijskoj geosinklinal'noj oblasti Juga SSSR. – Baku: AN AzSSR, 1956. – S. 37–52.
15. Bachmanov D.M. Neotektonika Urala (problemy i reshenija) / D.M. Bachmanov, N.N. Govorova, S.F. Skobelev, V.G. Trifonov // Geotektonika. – 2001. – № 5. – S. 61–75.
16. Rozhdestvenskij A.P. Novejsij orogenez i formirovanie Ural'skih gor / A.P. Rozhdestvenskij // Geologicheskij sbornik. – 2000. – № 1. – S. 22–24.
17. Ruban D.A. Unawareness and Theorizing in Modern Geology: Two Examples Based on Citation Analysis // Earth. – 2020. – vol. 1. – P. 1–14. doi: 10.3390/earth1010001.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 631.43

DOI 10.25587/SVFU.2022.27.3.001

*Г.Р. г. Бабаева¹, Ю.Г. Данилов²*¹ Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку, Азербайджанская Республика² СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, РоссияКОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ
СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ В ПОЧВЕ

Аннотация. Спектральные методы измерения влажности почвы широко используются при проведении как контактных, так и дистанционных измерений. В спектральных методах определения влажности почвы в основном используются отражательные спектры почвы, наиболее информативными из которых являются ближне-инфракрасные (NIR) и средне-инфракрасные участки спектра. Известен двухволновый метод измерения, в котором используются длины волн 1450 нм и 1300 нм на отражательном спектре, которые не подвержены влиянию органических веществ, имеющихся в почве. Однако известны доказательства того, что двухволновый отражательный метод определения влаги в почве в зависимости от используемых конкретных длин волн может быть подвержен влиянию содержания глины в почве. Разработан комбинированный метод определения водного содержания почвы. Метод основан на двух известных способах определения водного содержания почвы, предусматривающих измерение отражательного сигнала, определенного по спектру отражения, а также учет постоянных коэффициентов, зависящих от длины волны излучения. Предлагаемый совмещенный метод предполагает определение указанных постоянных коэффициентов во втором способе используя измерения на трех участках Земли после проведения измерений по первому способу на двух длинах волн при известных постоянных коэффициентах. Далее, на этапе совмещения этих методов осуществляется такой выбор длины волны проводимых измерений, при котором разность между результатами измерений по двум совмещаемым методам достигает минимума.

Ключевые слова: водное содержание, почва, длина волны, дистанционное зондирование, отражательный спектр, калибровка, валидация, двухволновые измерения, спектральные методы, проксимальные методы, контактные методы.

*G.R. g. Babaeva¹, Yu.G. Danilov²*¹ National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan² M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

COMBINED METHOD FOR MEASURING SOIL MOISTURE CONTENT

Abstract. Spectral methods of measuring soil moisture are widely used in both contact and remote measurements. Spectral methods for determining soil moisture mainly use reflective spectra of soil, the most informative of which

¹ БАБАЕВА Гюльшен Рауф гызы – с.н.с. ОКБ Космического приборостроения. Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку. Азербайджанская Республика. E-mail: gulshen.babayeva@gmail.com

БАБАЕВА Gulshen Rauf gyzy – Senior Researcher, National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan. E-mail: gulshen.babayeva@gmail.com

² ДАНИЛОВ Юрий Георгиевич – к.г.н., проф. Эколого-географического отделения Института естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: iug.danilov@s-vfu.ru

ДАНИЛОВ Yury Georgievich – Candidate of Geographical Sciences, Professor, Department of Ecology and Geography, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: iug.danilov@s-vfu.ru

are near-infrared (NIR) and mid-infrared sections of the spectrum. A two-wave measurement method is known, which uses wavelengths of 1450 nm and 1300 nm on the reflective spectrum, which are not affected by organic substances present in the soil. However, there is evidence that a two-wave reflective method for determining soil moisture, depending on the specific wavelengths used, may be influenced by the clay content in the soil. A combined method for determining the water content of the soil has been developed. The method is based on two known methods for determining the water content of the soil, providing for the measurement of a reflective signal determined by the reflection spectrum, as well as taking into account constant coefficients depending on the wavelength of radiation. The proposed combined method involves the determination of these constant coefficients in the second method using measurements on three sites of the earth after measurements by the first method at two wavelengths at known constant coefficients. Further, at the stage of combining these methods, the wavelength of the measurements is selected in such a way that the difference between the measurement results of the two combined methods reaches a minimum.

Keywords: water content, soil, wavelength, remote sensing, reflective spectrum, calibration, validation two-wave measurements, spectral methods, proximal methods, contact methods.

Введение

Содержание влаги в почве можно интерпретировать как временное хранение воды в неглубоком слое верхней поверхности Земли по сравнению с общим количеством воды в глобальном масштабе. Этот показатель важен при исследовании агрономических, гидрологических и метеорологических процессов разного масштаба, например, при оценке и прогнозировании наводнений, эрозионных процессов, других природных бедствий.

Нами проведена разработка комбинированного метода измерения содержания влаги в почве путем выбора общей длины волны для соответствующих методов, при котором разница в численных значениях *SMC* минимальна.

Измерения содержания влаги в почве

Влажность почвы может быть определена контактными и дистанционными методами. К контактному методу могут быть отнесены гравиметрические, нейтронные, рефлектометрические, емкостные, тензометрические и гигрометрические способы определения содержания влаги в почве [1-6]. Вместе с тем, контактные методы трудоемки и требуют значительных материальных и трудовых затрат. В отличие от них, методы дистанционного зондирования, основанные на отражательных характеристиках влажной почвы, позволяют избежать указанных недостатков [7-8]. Обзор указанных методов был приведен в работе [9], в которой рассматривались проблемы измерения влаги в почве с точки зрения исследования экологии и гидрологии в масштабе бассейнов гидрообъектов.

Вместе с тем с развитием дистанционных методов важность и значимость контактных методов ничуть не снижается. Дело в том, что любая бортовая информация, полученная от удаленных летательных объектов, оснащенных дистанционным измерительным оборудованием должна быть подтверждена путем реализации таких стандартных процедур как калибровка и валидация, для выполнения которых используются контактные методы измерений.

С физической точки зрения, спектральные методы измерения влажности почвы наиболее широко распространены. Это, в частности, объясняется тем, что спектральные методы используются как при дистанционных, так и при контактных измерениях. Особую группу здесь составляют проксимальные методы спектральных измерений, в которых влияние атмосферы на результат измерений почти отсутствует [10]. В спектральных методах определения влажности почвы в основном используются отражательные спектры почвы, наиболее информативными из которых являются ближне-инфракрасные (NIR) и средне-инфракрасные участки спектра. Например, в работе [11] сообщается о разработке двух волнового сенсора, работающего на длинах волн 1,94 мкм и 1,8 мкм где, на первой имеется сильная линия поглощения влаги, а на второй поглощение незначительно. Совместная обработка сигналов указанных каналов позволяет

вычислить содержание влаги в почве. В работе [12] указано, что информация о содержании влаги в почве содержится на длинах волн 1450, 1940 и 2200 нм в отражательном спектре. В работе [13] сообщается о создании сенсора, в котором используются длины волн 1450 нм и 1300 нм на отражательном спектре, которые не подвержены влиянию органических веществ, имеющихся в почве. В работе [14] показано, что двухволновый отражательный метод определения влаги в почве в зависимости от используемых конкретных длин волн может быть подвержен влиянию содержания глины в почве, что косвенно подтверждает мысль, высказанную в [13] о возможном влиянии содержания минералов в почве. На рис. 1 показан общий вид используемой лабораторной установки при проведении двухволновых измерений.

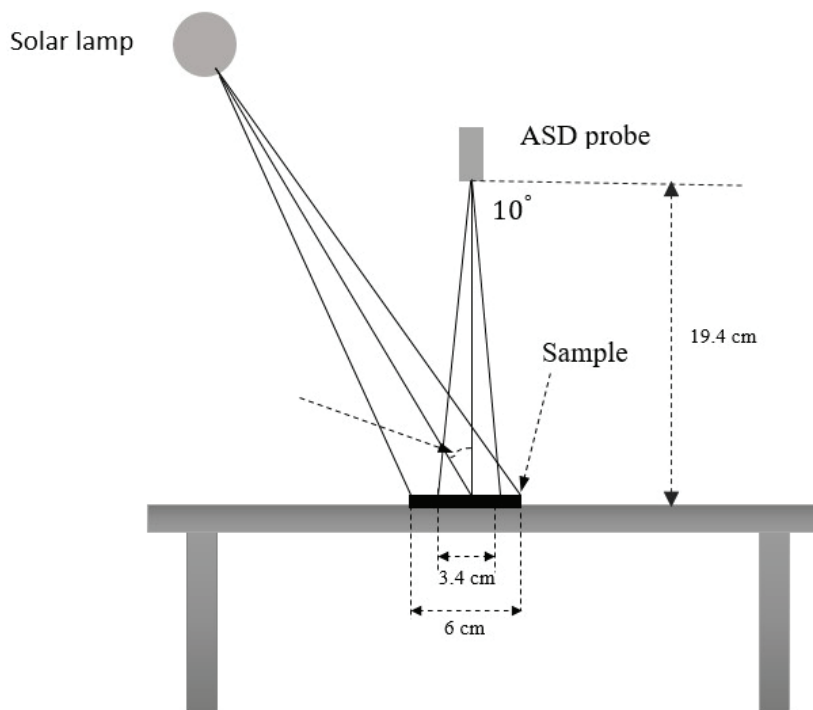


Рис. 1. Схематическое представление лабораторной установки, используемой для проведения двухволновых измерений

Предлагаемый метод

Проведенный анализ существующих методов определения содержания влаги в почве с использованием отражательных спектров в почве показывает, что результат этих исследований обычно представляются в двух вариантах:

1. Общее содержание влаги в почве SMC определяется в качестве некоторой функции

$$SMC = F_1(U(\lambda_1), U(\lambda_2), a_i) \quad (1)$$

где: $U(\lambda_1)$ – сигнал отражения почвы в SWIR диапазоне; $U(\lambda_2)$ – сигнал отражения почвы в видимом диапазоне; a_i – постоянные, зависящие от технологии изготовления сенсора.

2. Сигнал отражения на определенной длине волны $I(\lambda_0)$ определяется в качестве степенной функции SMC в виде полинома

$$I(\lambda_0) = F_2(SMC^2, SMC, b_j(\lambda_0)) \quad j=1,3 \quad (2)$$

где: SMC^2, SMC – члены степенного полинома;

$b_j(\lambda_0)$ – постоянные коэффициенты, зависящие от длины волны.

Целью настоящего исследования является разработка комбинированного метода измерения содержания влаги в почве путем совмещения выражений (1) и (2), путем выбора общей длины волны для соответствующих методов, при котором разница в вычисленных значениях SMC минимальна.

Алгоритм предлагаемого метода состоит в следующем:

1. Принимается $\lambda_1 = \lambda_0$ и проводятся измерения отраженного сигнала $U(\lambda_1) = I(\lambda_0)$.
2. При известных a_i проводятся измерения $U(\lambda_2)$ и вычисляется величина SMC используя явную форму записи формулы (1).
3. Измерения по пунктам 1,2 проводятся для трех разных образцов почвы с разной величиной SMC . Как результат, получаем множество $(SMC_1; SMC_2; SMC_3)$.
4. С учетом полученных величин SMC_j , используя (2) составляется система уравнений

$$\begin{aligned} I(\lambda_0) &= F_{21}(SMC_1^2; SMC_1; b_j(\lambda_0)) \\ I(\lambda_0) &= F_{22}(SMC_2^2; SMC_2; b_j(\lambda_0)) \\ I(\lambda_0) &= F_{23}(SMC_3^2; SMC_3; b_j(\lambda_0)) \end{aligned} \quad (3)$$

Решение системы уравнений (3) относительно b_j ; $j = \overline{1,3}$; позволяет определить эти коэффициенты на длине волны λ_0 . Таким образом, наличие информации о коэффициентах a_i в методе (1), позволяет определить коэффициенты $b_j(\lambda_0)$, необходимые для реализации метода (2) при условии, что результаты методов (1) и (2) должны максимально совпадать.

Блок-схема алгоритма приведена на рис. 2

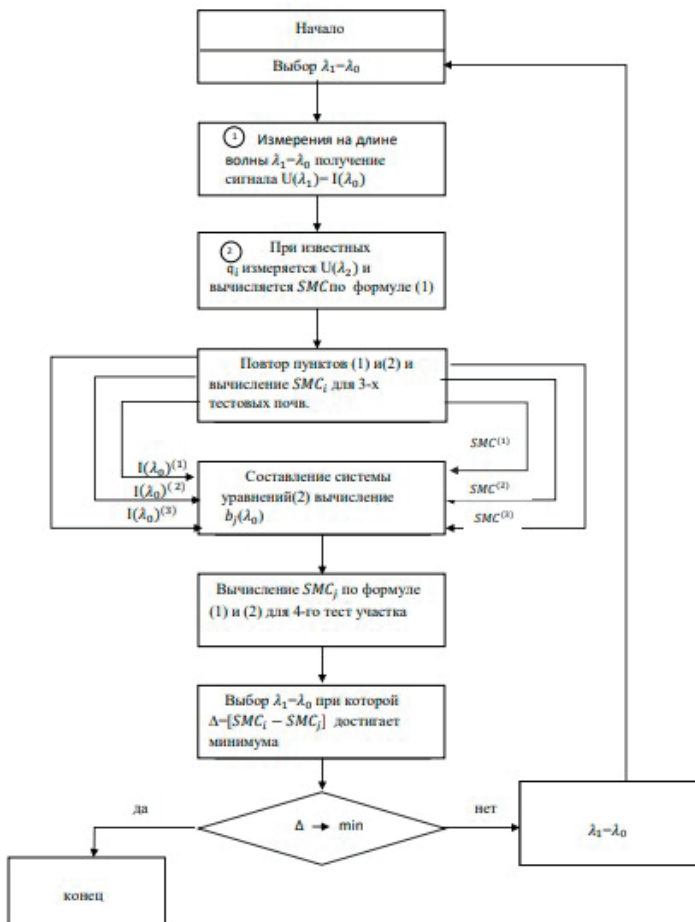


Рис. 2. Блок-схема алгоритма реализации предлагаемого метода

Модельное исследование

Для подтверждения возможности реализации вышеизложенного метода проведем теоретико-модельное исследование. Согласно [15], SMC может быть измерен по формуле

$$SMC_1 = a_0 + a_1 \log P_i(\lambda_1) + a_2 \log Q_1(\lambda_2) \quad (4)$$

где: $P_i(\lambda_1)$ – отраженный сигнал в видимых диапазонах;

$Q_1(\lambda_2)$ – отраженный сигнал в ИК диапазоне.

При этом согласно [16], между величиной SMC и отраженным сигналом $P(\lambda)$ на длинах поглощения (λ) влажной почвы (рис. 3) имеется следующее соотношение.

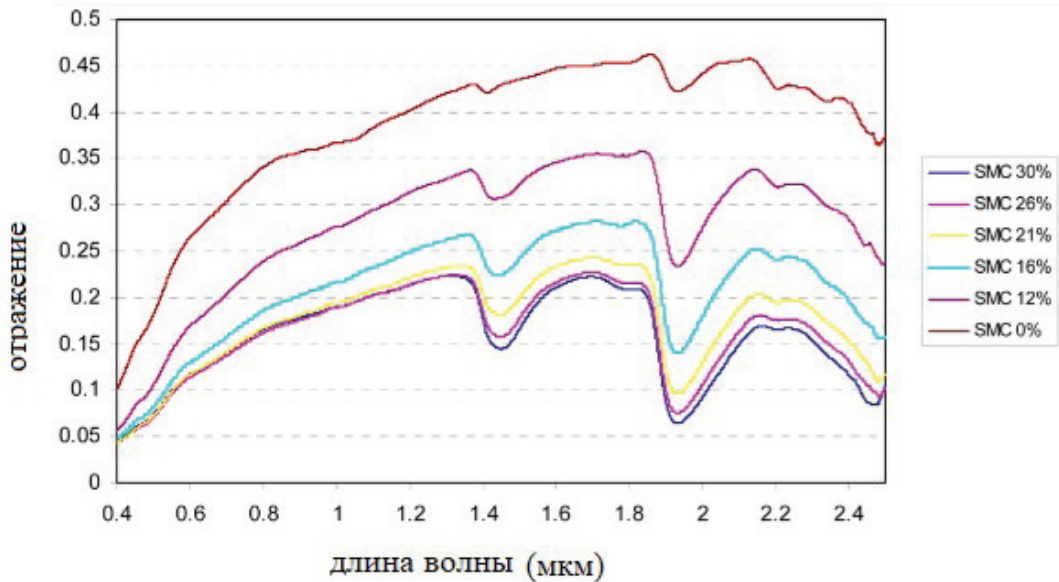


Рис. 3. Спектры отражения влажной почвы в зависимости от SMC , указанных в процентах

$$P(\lambda) = b_1(\lambda)SMC^2 + b_2(\lambda)SMC + b_3(\lambda) \quad (5)$$

Очевидно, что, согласно вышеизложенному алгоритму, если провести измерения SMC по формуле (4) на длинах волн $\lambda_1 = 1,9$ мкм и $\lambda_2 = 0,8$ мкм и при наличии данных о значениях a_0, a_1, a_2 вычислить значения SMC_i на трех тестовых участках, то вставив полученные значения SMC_i , $i = \overline{1,3}$ в формулу (5) в правой стороне, а значение $P(\lambda_i)$, в левую сторону (5) можем получить следующую систему уравнений относительно b_j ($j = \overline{1,3}$).

$$\begin{aligned} P(\lambda_1)^{(1)} &= b_1(\lambda_1)SMC^{2(1)} + b_2(\lambda_1)SMC^{(1)} + b_3(\lambda_1) \\ P(\lambda_1)^{(2)} &= b_1(\lambda_1)SMC^{2(2)} + b_2(\lambda_1)SMC^{(2)} + b_3(\lambda_1) \\ P(\lambda_1)^{(3)} &= b_1(\lambda_1)SMC^{2(3)} + b_2(\lambda_1)SMC^{(3)} + b_3(\lambda_1) \end{aligned} \quad (6)$$

Решение системы (6) относительно $b_1(\lambda_1), b_2(\lambda_1), b_3(\lambda_1)$ позволяет получить рабочую формулу в виде (2) для проведения измерений SMC .

Далее должно быть исследован 4-й дополнительный участок земли используя рабочие формулы (1) и (2). При этом, согласно предложенному алгоритму, следует определить такую

величину λ_1 при которой разница значений SMC , полученных по формулам (1) и (2) достигла бы минимальной величины.

Заключение

Таким образом, предложен комбинированный метод определения водного содержания почвы. Метод синтезирован на базе двух известных выражений связывающих SMC и величину отражательного сигнала, определенного по спектру отражения, а также постоянные коэффициенты, зависящие от длины волны излучения. Предлагаемый совмещенный метод предполагает определение указанных постоянных коэффициентов во втором выражении используя измерения на трех участках земли при известных постоянных коэффициентах первом методе. Далее, во втором этапе совмещения этих методов осуществляется такой выбор длины волны проводимых измерений, при котором разность между результатами измерений по двум совмещаемым методам достигает минимума.

Литература

1. Schanz T., Baille W., Nguyen L. Effects of Temperature on Measurements of Soil Water Content with Time Domain Reflectometry // *Geotech Test J.* – 2011. – vol. 34 (1). – P. 1–8.
2. Dobriyal P., Qureshi A., Badola R., Hussain S.A. A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management // *J Hydrol.* – 2012. – vol. 458-459. – P. 110-117.
3. Kirkham M.B. *Principals of Soil and Plant Relationship.* – UK: British Library Cataloguing Publication Data, 2014.
4. Devaser V., Luhach A. Kr. An Approach to Analyse the Agriculture Acreage and Estimate Production // *Indian Journal of Science and Technology (IJST).* – 2016. – vol. 9 (28). – P. 1-6.
5. Udagani C. Gamma Ray Attenuation Study with Varying Moisture Content of Clay Bricks // *Int J Eng Sci Invent.* – 2013. – vol. 2(7). – P. 35-38.
6. Shukla A., Panchal H., Mishra M., et al. Soil Moisture Estimation using Gravimetric Technique and FDR Probe Technique: A Comparative Analysis // *American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences.* – 2014. – vol. 8(1). – P. 89-92.
7. Bhagat V.S. Space-borne Microwave Remote Sensing of Soil Moisture // *A Review. Recent Progress in Space Technology.* – 2014. – vol. 24(4). – P. 119-150.
8. Srivastava H.S., Patel P., Sharma Y., et al. Large-Area Soil Moisture Estimation Using Multi-Incidence-Angle RADARSAT-1 SAR Data // *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* – 2009. – vol. 47(8). – P. 2528-2537.
9. Robinson D.A., Campbell C.S., Hopmans J.W., Hornbuckle B.K., et al. Soil Moisture Measurement for Ecological and Hydrological Watershed-Scale Observatories // *A Review. Vadose Zone Journal.* – 2008. – P. 358-389.
10. Xiaoling Wu., Jeffrey P., Walker and Nan Ye. Inter-Comparison of Proximal Near-Surface Soil Moisture Measurement Techniques // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing.* – 2022. – P. 2370–2378.
11. Zhe Yin, Tingwu Lei, Qinghong Yan, Zhanpeng Chen, Yuequn Dong. A near-infrared reflectance sensor for soil surface moisture measurement // *Computers and Electronics in Agriculture.* – 2013. – P. 101-107.
12. Zhe Yin, Wei Qin, Changqing Zuo, Nan Yan, Bai Li, Qiankun Guo, Zhijie Shan, Zhaoyan Wang. NIR Sensor, Reflection Model for Soil Moisture Measurement Using Near-infrared Reflection Sensor // *International Forum on Energy, Environment Science and Materials (IFEESM 2015)*, DOI: 10.2991/ifeesm-15.2015.158
13. Whalley W.R., Leeds-Harrison P.B. Estimation of soil moisture status using near infrared reflectance // *Hydrological processes.* – 1991. – vol. 5. – P. 321-327.
14. Oltra-Carrio R., Frederic B., Fieuzal R., Briottet X. Improvement of Soil Moisture Retrieval from Hyperspectral VNIR-SWIR Data Using Clay Content Information: From Laboratory to Field Experiments // *Remote Sens.* – 2015. – vol. 7(3). – P. 3184-3205.
15. Ryoei Ito, Masaki Harada, Ayako Michida, Masaru Mizoguchi, Takashi Mishima, Takaharu Kameoka, Atsushi Hashimoto, Kenichi Nakanishi, Hiroshi Shono, Masaaki Oka, Hirokazu Taki, Fumitaka Uchio, Yasunori

Saito, Hiroaki Ishizawa, Yoshitaka Motonaga, Takehiko Hoshi, Nobukazu Iguchi, Eiji Goto, Seishi Ninomiya, Masayuki Hirafuji, Tokihiro Fukatsu. Soil moisture monitoring using near-infrared sensing technique and the Internet in a coffee plantation field // AFITA/WCCA joint congress on it in agriculture, 2004.

16. Fabre S., Briottet X., Lesaignoux A. Estimation of soil moisture content from the spectral reflectance of bare soils in the 0.4 – 2.5 μm domain // *Sensors*. – 2015. – vol. 15(2). – P. 62-81.

References

1. Schanz T., Baille W., Nguyen L. Effects of Temperature on Measurements of Soil Water Content with Time Domain Reflectometry // *Geotech Test J.* – 2011. – vol. 34 (1). – P. 1-8.

2. Dobriyal P., Qureshi A., Badola R., Hussain S.A. A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management // *J Hydrol.* – 2012. – vol. 458-459. – P. 110-117.

3. Kirkham M.B. *Principals of Soil and Plant Relationship*. – UK: British Library Cataloguing Publication Data, 2014.

4. Devaser V., Luhach A. Kr. An Approach to Analyse the Agriculture Acreage and Estimate Production // *Indian Journal of Science and Technology (IJST)*. – 2016. – vol. 9 (28). – P. 1-6.

5. Udagani C. Gamma Ray Attenuation Study with Varying Moisture Content of Clay Bricks // *Int J Eng Sci Invent.* – 2013. – vol. 2(7). – P. 35-38.

6. Shukla A., Panchal H., Mishra M., et al. Soil Moisture Estimation using Gravimetric Technique and FDR Probe Technique: A Comparative Analysis // *American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences*. – 2014. – vol. 8(1). – P. 89-92.

7. Bhagat V.S. Space-borne Microwave Remote Sensing of Soil Moisture // *A Review. Recent Progress in Space Technology*. – 2014. – vol. 24(4). – P. 119-150.

8. Srivastava H.S., Patel P., Sharma Y., et al. Large-Area Soil Moisture Estimation Using Multi-Incidence-Angle RADARSAT-1 SAR Data // *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* – 2009. – vol. 47(8). – P. 2528-2537.

9. Robinson D.A., Campbell C.S., Hopmans J.W., Hornbuckle B.K., et al. Soil Moisture Measurement for Ecological and Hydrological Watershed-Scale Observatories // *A Review. Vadose Zone Journal*. – 2008. – P. 358-389.

10. Xiaoling Wu., Jeffrey P., Walker and Nan Ye. Inter-Comparison of Proximal Near-Surface Soil Moisture Measurement Techniques // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. – 2022. – P. 2370-2378.

11. Zhe Yin, Tingwu Lei, Qinghong Yan, Zhanpeng Chen, Yuequn Dong. A near-infrared reflectance sensor for soil surface moisture measurement // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2013. – P. 101-107.

12. Zhe Yin, Wei Qin, Changqing Zuo, Nan Yan, Bai Li, Qiankun Guo, Zhijie Shan, Zhaoyan Wang. NIR Sensor, Reflection Model for Soil Moisture Measurement Using Near-infrared Reflection Sensor // *International Forum on Energy, Environment Science and Materials (IFEESM 2015)*, DOI: 10.2991/ifeesm-15.2015.158

13. Whalley W.R., Leeds-Harrison P.B. Estimation of soil moisture status using near infrared reflectance // *Hydrological processes*. – 1991. – vol. 5. – P. 321-327.

14. Oltra-Carrio R., Frederic B., Fieuzal R., Briottet X. Improvement of Soil Moisture Retrieval from Hyperspectral VNIR-SWIR Data Using Clay Content Information: From Laboratory to Field Experiments // *Remote Sens.* – 2015. – vol. 7(3). – P. 3184-3205.

15. Ryoei Ito, Masaki Harada, Ayako Michida, Masaru Mizoguchi, Takashi Mishima, Takaharu Kameoka, Atsushi Hashimoto, Kenichi Nakanishi, Hiroshi Shono, Masaaki Oka, Hirokazu Taki, Fumitaka Uchio, Yasunori Saito, Hiroaki Ishizawa, Yoshitaka Motonaga, Takehiko Hoshi, Nobukazu Iguchi, Eiji Goto, Seishi Ninomiya, Masayuki Hirafuji, Tokihiro Fukatsu. Soil moisture monitoring using near-infrared sensing technique and the Internet in a coffee plantation field // AFITA/WCCA joint congress on it in agriculture, 2004.

16. Fabre S., Briottet X., Lesaignoux A. Estimation of soil moisture content from the spectral reflectance of bare soils in the 0.4 – 2.5 μm domain // *Sensors*. – 2015. – vol. 15(2). – P. 62-81.

А.С. Куляндина, Е.А. Максимов, А.С. Свинобоев, М.Р. Марсанова

СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

О РЕЗУЛЬТАТАХ РАДИАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТ НАИБОЛЬШЕГО СКОПЛЕНИЯ ЛЮДЕЙ В Г. ЯКУТСК

Аннотация. Научный и практический интерес представляют исследования по оценке радиационной обстановки. Мониторинг, контроль и выявление радиационной обстановки являются весьма важными задачами при планировании строительства, возведении зданий, сооружений и прочих конструкций, поскольку превышение уровня радиации имеет негативное воздействие на человека. Командой школьников и наставников, состоящей из студентов 3 и 4 курса геологоразведочного (ГРФ) СВФУ, а также аспиранта 2 курса ГРФ СВФУ под руководством автора к.г.-м.н. Марсановой М.Р. проекта «Радиационное обследование территории г. Якутска» программы Сириус.Лето проведена пешеходная гамма-съемка радиометром СРП-68-01 с целью исследования радиационной обстановки и выявления аномальных участков на местах основного скопления людей и определение ее соответствия требованиям действующей нормативно-технической документации по радиационной безопасности. В результате пешеходной гамма-съемки была произведена обработка геофизической информации и интерпретация геофизических данных в ГИС программах, а также проектирование и разработка базы данных, содержащей информацию, необходимую для достоверного анализа радиационной обстановки.

В качестве мощного источника излучения, опасного для здоровья и жизни человека, может выступать совершенно любой радиоактивный предмет или вещество. И, в сравнении со многими другими возможными опасностями радиацию невозможно почувствовать или увидеть.

Определить ее уровень можно только специальными приборами. В данной работе использовался радиометр СРП-68-01.

Построена сеть наблюдений для определения радиационного фона, произведены замеры с помощью радиометра и выявлены «очаги радиации», а также составлена карта радиационного фона объектов изучения.

Ключевые слова: радиометр, источник излучения, радиационная безопасность, гамма-съемка, радиоактивность, экспозиционная доза, радиометрия, радионуклиды, поглощенная доза, гамма-излучение.

КУЛЯНДИНА Альбина Семеновна – аспирант кафедры геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ГРФ СВФУ. E-mail: albineku@gmail.com

KULYANDINA Albina Semenovna – post-graduate student, Department of Geophysical Methods of Prospecting and Exploration of Mineral Deposits, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: albineku@gmail.com

МАКСИМОВ Евгений Аркадьевич – студент кафедры геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ГРФ СВФУ. E-mail: ytyk.evgeniy@mail.ru

MAXIMOV Evgeniy Arkadyevich – student, Department of Geophysical Methods of Prospecting and Exploration of Mineral Deposits, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: ytyk.evgeniy@mail.ru

СВИНОБОЕВ Айсен Сергеевич – студент кафедры геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ГРФ СВФУ. E-mail: jecson38@mail.ru

SVINOBOEV Aisen Sergeevich – student, Department of Geophysical Methods of Prospecting and Exploration of Mineral Deposits, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: jecson38@mail.ru

МАРСАНОВА Мария Романовна – к.г.-м.н., доцент кафедры геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ГРФ СВФУ. E-mail: marigotov@mail.ru

MARSANOVA Maria Romanovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences Associate Professor, Department of Geophysical Methods of Prospecting and Exploration of Mineral Deposits, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: marigotov@mail.ru

A.S. Kulyandina, E.A. Maximov, A.S. Svinoboev, M.R. Marsanova
M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

ON THE RESULTS OF RADIATION RESEARCH AT PLACES OF THE GREATEST CUMULARITY OF PEOPLE IN YAKUTSK

Abstract. The study of the assessment of the radiation situation is of scientific and practical interest. Monitoring, control and detection of radiation hazard is an extremely important task in planning construction, future buildings, reconstruction and construction, since exceeding the level of radiation has a negative impact on humans. A team of schoolchildren and teachers, consisting of 3rd and 4th year students of the NEFU Faculty of Geology and Survey, as well as a 2nd-year postgraduate student of the NEFU Faculty of Geology and Survey under the supervision of M. R. Marsanova, Candidate of Geological and Minearolgical Sceicnes, worked on of the project “Radiation survey of the territory of Yakutsk” within the Sirius Program. Last summer an on-foolt gamma survey was carried out with the SRP-68-01 radiometer in order to study radiation correction and limit anomalous areas to the main observations of people and determine its compliance with the requirements of the current regulatory and technical documentation on radiation safety . As a result of studying the database of gamma-ray survey, the processing of geophysical information and the interpretation of geophysical data in GIS programs, as well as the design and development of data, the impact taken for the analysis of radiation hazard was identified.

As a result of a powerful search, dangerous to human health and life, absolutely any radioactive object or substance can be used; in some cases, with many possible dangers that are impossible to detect.

It is possible to determine its level only by higher devices. In this work, the SRP-68-01 radiometer was used.

The probability for determining the radiation lantern was built, measurements were made using a radiometer and “radiation centers” were determined, and a map of the study of the radiation lantern was drawn up.

Keywords: radiometer, radiation source, radiation safety, gamma imaging, radioactivity, exposure dose, radiometry, radionuclides, absorbed dose, gamma radiation.

Введение

Радиационная безопасность является одним из важнейших гигиенических критериев экологической безопасности. Радиоактивность может быть, как естественной, так и искусственной (рис. 1).



Рис. 1. Основные источники радиации

В наше время участились случаи обнаружения повышенной радиоактивности строительных материалов, а это может нанести немалый вред здоровью человека.

Естественная радиоактивность – это самопроизвольный распад атомных ядер, встречающихся в природе. Она встречается буквально повсюду. Ионизирующие излучения существовали на Земле задолго до зарождения на ней жизни и присутствовали в космосе до возникновения самой планеты. Радиоактивные материалы вошли в состав земной коры. Таким образом, основными источниками естественной радиации являются космические лучи и внутренняя радиация Земли.

Природная (естественная) радиоактивность отражает содержание таких радиоактивных веществ как радий (^{226}Ra), торий (^{232}Th), калий (^{40}K) в различной концентрации в минеральном сырье, используемом в строительстве. Природная радиоактивность характерна как для сырья (щебень, песок, цемент и пр.), так и для готовой продукции (кирпич, керамическая плитка, железобетонные конструкции, бетон и растворы, искусственные камни, облицовочные плиты) [2].

Многие строительные материалы являются природными компонентами (природный камень) и поэтому содержат в составе химические элементы с радиоактивными изотопами. Однако, природная радиоактивность сильно колеблется в зависимости от вида почвы, от состава минералов, выходящих на поверхность месторождения.

Вулканические породы (гранит, пемза, туф, графит) имеют выше уровень радиоактивности, чем осадочные породы (карбонатные породы, известняк, песок). Самыми безопасными материалами для строительства считаются кирпич, бетон и дерево. Известно, что у кирпичных, каменных и бетонных зданий мощность дозы излучения в 2–3 раза выше, чем у деревянных.

Основные проблемы в части радиационной безопасности строительных материалов связаны применением гранитного щебня. К сожалению, поставки минерального сырья осуществляются по паспортам качества, которые не являются документами строгой отчетности. Поэтому рекомендуется проводить проверку на радиоактивность строительного материала до его использования на строительной площадке и на стадии сдачи объекта в эксплуатацию.

Одним из крупнейших источников радиации на строительной площадке является уголь, хотя он содержит малое количество первичных радионуклидов. При сжигании угля образуется зола, зольная пыль и шлак. Именно в них и концентрируются радионуклиды. Использование золы в качестве добавки к цементам и бетонам может привести к увеличению радиационного облучения и таким образом вносит существенный вклад в облучение населения.

Загрязнение радионуклидами бывает снимаемое (можно смыть) и не снимаемое (нельзя смыть, не поддается очистке). Высокое содержание радионуклидов в строительных материалах, а также загрязнение поверхностей помещения различными радионуклидами, которые оседают в аэрозольной форме приводит к внешнему гамма-облучению.

Гамма-лучи – это электромагнитное излучение с очень высокой проникающей способностью, в отличие от альфа-излучения и бета-излучения. Оно способно пронизывать человека насквозь. Энергия гамма-излучения гораздо больше энергии любого другого излучения. От гамма-лучей не спасает даже костюм радиационной защиты, а специализированные бункеры со свинцовой защитой лишь ослабляют влияние гамма-лучей на организм человека. Однако, благодаря своим свойствам, гамма-излучение широко применяется в нашей жизни. Например, в пищевой промышленности – для консервирования путем подавления роста пищевых бактерий и увеличения срока хранения продукта; гамма-дефектоскопия; стерилизация медицинских инструментов; лучевая терапия; строительство.

Виды радиоактивного излучения: альфа, бета и нейтронное излучение – это излучения, состоящие из различных частиц атомов. Гамма и рентгеновское излучение – это излучение энергии (рис. 2).

Альфа (α) излучение возникает при распаде нестабильных изотопов элементов. Нейтронное излучение – это техногенное излучение, возникающие в различных ядерных реакторах и при атомных взрывах. Также нейтронная радиация излучается звездами, в которых идут активные термоядерные реакции. Бета (β) излучение возникает при превращении одного элемента

в другой, при этом процессы происходят в самом ядре атома вещества с изменением свойств протонов и нейтронов. Гамма (γ) излучение – это энергетическое электромагнитное излучение в виде фотонов. Рентгеновское излучение возникает при переходе электрона внутри атома с одной орбиты на другую.

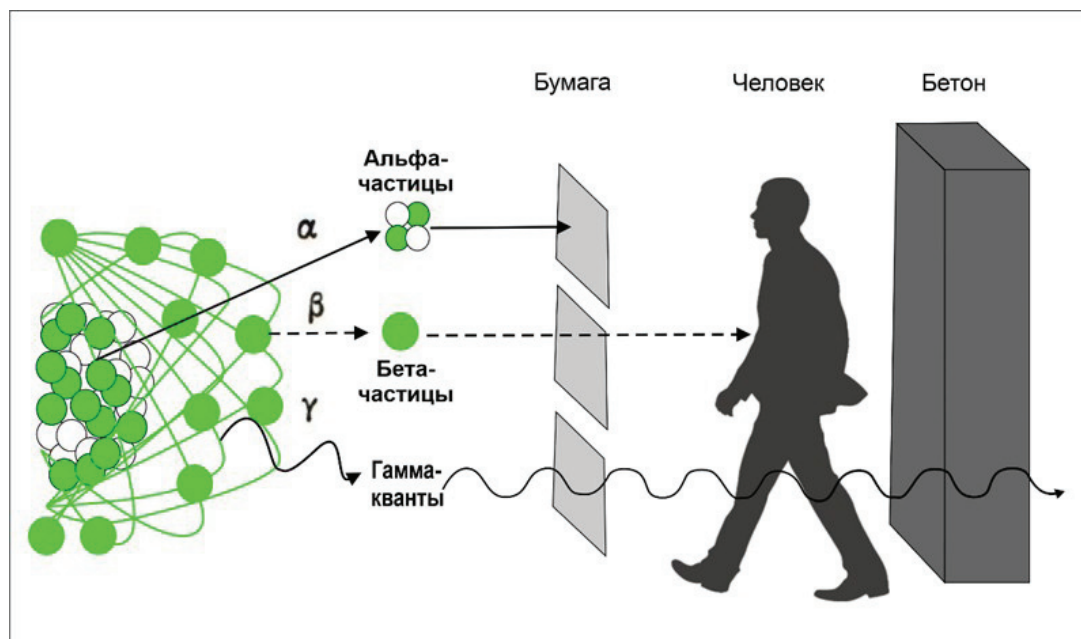


Рис. 2. Виды радиоактивного излучения и его проникающая способность

Опасность радиоактивного излучения состоит в том, что при распаде радионуклида образуются изотопы химических элементов, принадлежащие соседним группам периодической системы, что может привести к разрыву химических связей и перестройке молекул организма. Эффект радиационного воздействия может проявиться совсем не в том месте, которое подвергалось облучению.

Количественно воздействие радиации можно охарактеризовать несколькими величинами:

*Поглощенная доза – отношение ионизирующей энергии, переданной веществу к массе этого вещества. Единица измерения грей [Гр] или рад [рад].

*Мощность излучения – приращение дозы в единицу времени. Единица измерения грей в секунду [Гр/с].

Таблица – Воздействие радиации на человека в зависимости от дозы

Доза (Зв)	Воздействие на человека
0 – 0,25	Отсутствие явных признаков
0,25 – 0,50	Возможны изменения состава крови
0,50 – 1,00	Изменения в крови, усталость, тошнота
1,0 – 2,0	Изменения в крови, рвота, явные патологические изменения
2,0 – 4,0	Нетрудоспособность, кровоизлияния
Более 4,0	Смерть около 50 %, тяжелая степень лучевой болезни
Более 6,0	Повреждения центральной нервной системы, смертность около 100 %
Более 8,0	Смерть неизбежна

*Эквивалентная доза – величина, определяющая воздействие излучения на организм, равная произведению поглощенной дозы на коэффициент качества. Коэффициент качества показывает

во сколько раз радиационная опасность от воздействия на живой организм данного вида излучение больше, чем от воздействия гамма-излучения ($K_\gamma=1$). Единица измерения зиверт [Зв]. 1 микрорентген в час [мкР/ч] = $2,778 \cdot 10^{-12}$ зиверт в секунду [Зв/с] [1].

Биологическое воздействие радиации совершенно неощутимо человеком. Можно находиться в зоне с высоким радиационным фоном длительное время и ничего не чувствовать. Дело в том, что скрытый период действия радиации может быть достаточно продолжительный. Кроме того, полученные дозы облучения имеют свойство накапливаться в организме.

Облучение гамма-квантами может вызвать хроническую и острую лучевую болезнь, различные виды онкологических заболеваний, мутации, а также к угнетению иммунной системы организма и сделать его восприимчивым к различным заболеваниям.

Наиболее интенсивно облучаются органы, через которые поступили радионуклиды в организм (органы дыхания и пищеварения), а также щитовидная железа и печень.

Исследования показали, что при облучении дозой в 1 Гр вероятность возникновения онкологических заболеваний возникает у 10 человек из 1000, а наследственных дефектов – у 2 человек из 1000.

На сегодняшний день основную часть облучения люди получают в повседневной жизни. На рисунке 1 можно увидеть, что практически всё, что нас окружает, имеет в себе радиационную составляющую.

Ежегодные наблюдения за общим радиационным фоном г. Якутска – выполняют службы Росгидромета.

Описание проекта

Научный и практический интерес представляют исследования по оценке радиационной обстановки. Проведение радиационного мониторинга мест наибольшего скопления людей на территории г. Якутска, контроль и выявление аномалий уровня гамма-фона имеет важное значение, поскольку превышения уровня радиации имеет негативное последствие для человека.

Метод исследования

Пешеходный (наземный) гамма-метод.

Команда школьников и наставников из различных регионов РФ под руководством автора проекта провели:

- пешеходную гамму-съемку, обеспечивающих сбор необходимой геофизической информации на следующих участках города Якутска: на площади Орджоникидзе и площади Дружбы.
- обработку геофизической информации и интерпретацию геофизических данных в ГИС программах.
- проектирование и разработку базы данных, содержащей информацию необходимую для достоверного анализа радиационной обстановки.

Цель проекта

Исследование радиационной обстановки и выявления аномальных участков на планируемых объектах и определение ее соответствия требованиям действующей нормативно-технической документации по радиационной безопасности.

Задачами данной работы по радиационному обследованию являются оценка современного естественно-техногенного уровня гамма-фона.

Пешеходная (поверхностная) гамма-съемка – один из основных поисковых и разведочных методов радиометрических исследований. Ее проводят с помощью полевых радиометров и спектрометров. Радиометры или спектрометры с помощью стандартных образцов (эталонов) гамма-излучения периодически градуируют. Это необходимо для определения цены деления шкал интегральной или спектральной радиоактивности. По данным градуировки можно определять мощность экспозиционной дозы гамма-излучения (в мкР/ч) [3].

Следует различать радиоактивность и радиацию. Источники радиации – радиоактивные вещества или ядерно-технические установки (реакторы, ускорители, рентгеновское оборудова-

ние и т.п.) – могут существовать значительное время, а радиация существует лишь до момента своего поглощения в каком-либо веществе.

Радиация или ионизирующее излучение – это частицы и гамма-кванты, энергия которых достаточно велика, чтобы при воздействии на вещество создавать ионы разных знаков. Радиацию нельзя вызвать с помощью химических реакций.

Методика пешеходной гамма-съемки

Объекты исследования: площадь Орджоникидзе (рис. 3) и площадь Дружбы народов (рис. 4). **Площадь Орджоникидзе** украшает большой фонтан. Каждое лето дети резвятся и веселятся вокруг него. Зимой на нем устанавливают светодиодную конструкцию, и фонтан по вечерам светится сине-голубым цветом. На площади также находится гордость якутского народа – Саха театр, рядом установлен памятник, посвященный великому классику П.А. Ойунскому. Также тут проводятся различные мероприятия и праздники.

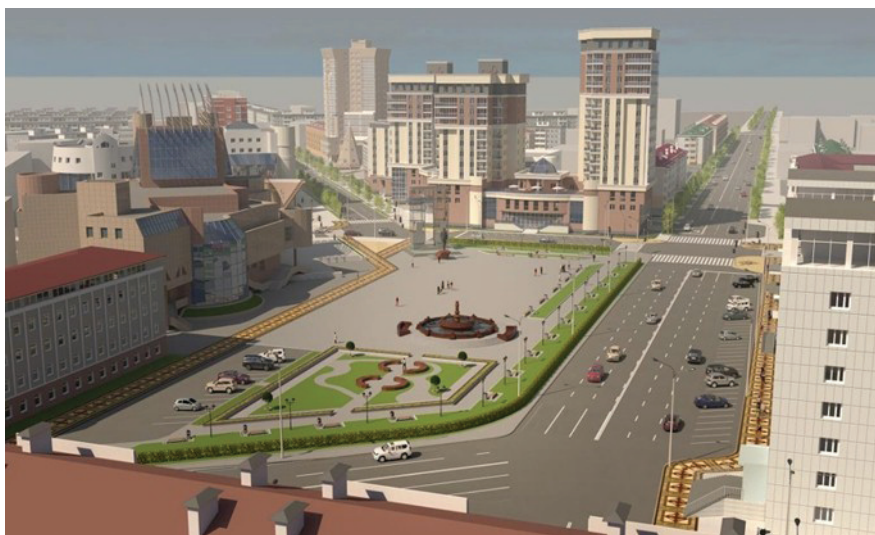


Рис. 3. Площадь Орджоникидзе

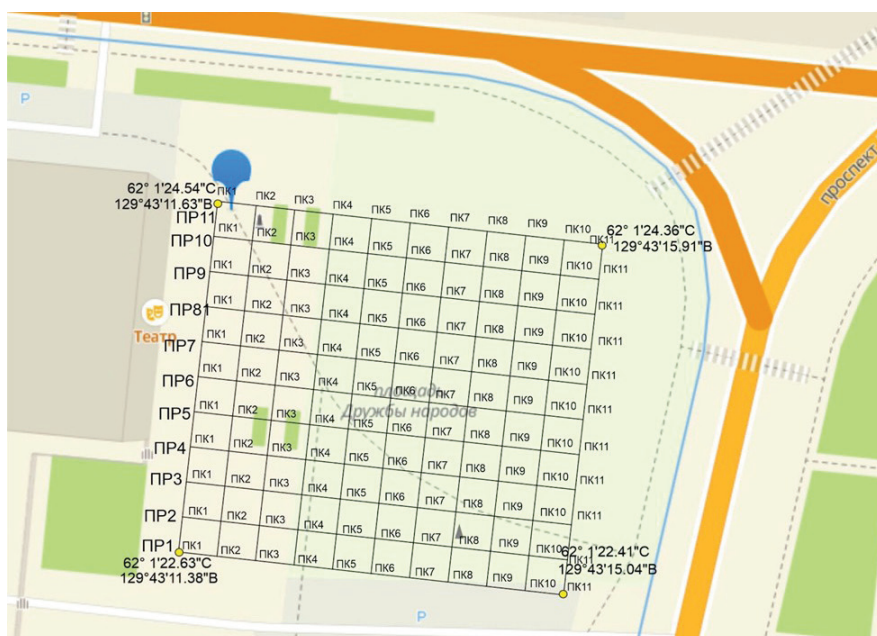


Рис. 4. Маршрут проведения полевой гамма-съемки на площади Дружбы народов г. Якутск.
Непрерывное профилирование, сетка наблюдений

Социально-значимые объекты рядом с местом исследования: Управление федеральной почтовой связи РС (Я), Управление по делам ГО, ЧС и обеспечения пожарной безопасности, Саха академический театр им. П.А. Ойунского. Размеры объекта исследований 11900 м².

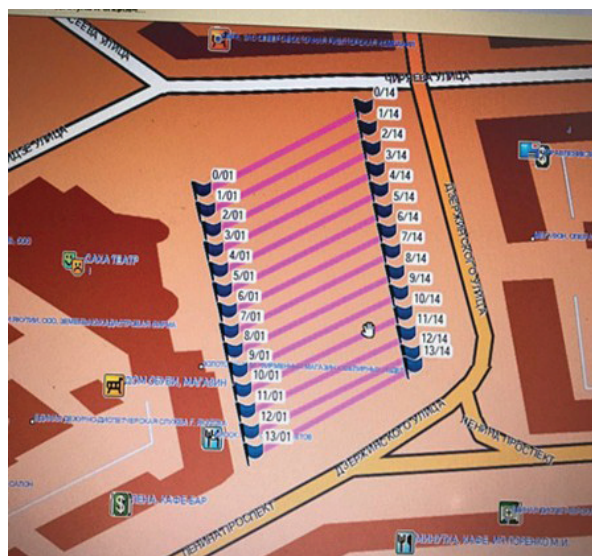
Профилирование в геофизике – это непрерывные геофизические наблюдения, последовательно продолжающие друг друга по проложенным на местности линиям (профилям) с целью получения по ним геолого-геофизических разрезов земных недр.

Оптимальной сетью геофизических наблюдений называют сеть, которая с заданной вероятностью обеспечивает решение поставленной геологической задачи при относительно малых затратах средств.

Сеть наблюдений строилась в программе MapSource и онлайн карте Google maps. Вначале были отмечены границы для объекта исследований в онлайн карте, затем рассчитан шаг наблюдений. Шаг наблюдений между профилями 10 м, между точками 5 м. Профиля запроектированы в программе MapSource, всего 13 профилей по 10 точек на каждом профиле (рис. 5).



а



б

Рис. 5. Схема профилей на площади Орджоникидзе
а – пл. Орджоникидзе (вид сверху); б – схема профилей на пл. Орджоникидзе

В результате обработки данных построена карта изолиний гамма-активности. Как мы видим, на карте изолиний возле фонтана на пл. Орджоникидзе радиационный фон достигает до 11 мкР/ч. Возле памятника П.А. Ойунского радиационный фон составил в пределах 18–25 мкР/ч. (нормальный фон 15–20 мкР/ч.) (рис. 6).

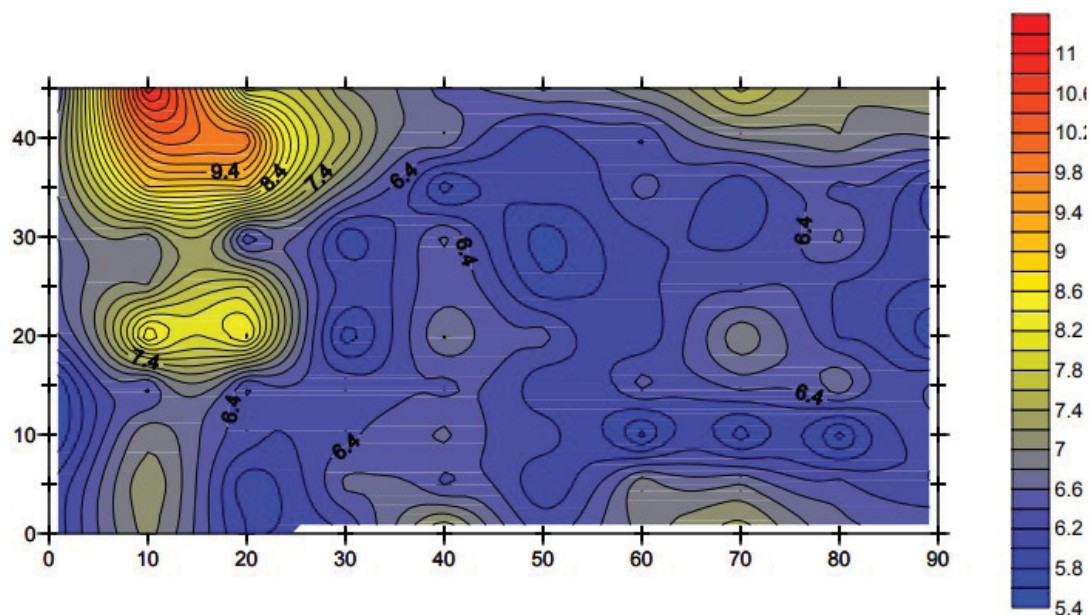


Рис. 6. Карта изолиний гамма-активности площади Орджоникидзе

Площадь Дружбы народов представляет собой большую бетонную площадку и имеет два памятника: Кулаковскому А.Е. и Сивцеву Д.К.

Также в план съемки попадают гранитные ступени парадного крыльца театра Оперы и балета.

По всей бетонной площадке радиометр показывал значение 6–8 мкР/ч. На территории памятника А.Е. Кулаковскому значение измерений не менялось, и не превышало 8 мкР/ч. Мраморный бордюр памятника Д.К. Сивцеву дал фон 15 мкР/ч. И самое высокое значение показывают гранитные ступени крыльца театра равное 25 мкР/ч. Все значения измерений на пикетах внесены в полевой журнал (рис. 7).

Журнал радиометрических работ							
Дата: 02.04.2022							
Название участка: Дружба народов							
Прибор: СРП-68-01							
Оператор: Романова Ю. Вычислитель: Бурнашев М.							
ПРН ₂	ПKN ₂	I, мкР/ч	Примечание	ПРН ₂	ПKN ₂	I, мкР/ч	Примечание
1	1	8	Бетон	6	6	8	Бетон
1	2	7	Бетон	6	7	8	Бетон
1	3	6	Бетон	6	8	8	Бетон
1	4	6	Бетон	6	9	8	Бетон
1	5	5	Бетон	6	10	8	Бетон
1	6	7	Бетон	6	11	8	Бетон
1	7	6	Бетон	7	1	25	Гранит
1	8	6	Бетон	7	2	8	Бетон
1	9	7	Бетон	7	3	7	Бетон
1	10	6	Бетон	7	4	8	Бетон
1	11	7	Бетон	7	5	8	Бетон
2	1	8	Бетон	7	6	8	Бетон
2	2	6	Бетон	7	7	8	Бетон
2	3	6	Бетон	7	8	8	Бетон
2	4	7	Бетон	7	9	8	Бетон
2	5	8	Бетон	7	10	8	Бетон
2	6	6	Бетон	7	11	8	Бетон
2	7	6	Бетон	8	1	25	Гранит
2	8	6	Памятник Кулаковскому	8	2	8	Бетон
2	9	6	Памятник Кулаковскому	8	3	8	Бетон
2	10	6	Бетон	8	4	7	Бетон
2	11	6	Бетон	8	5	8	Бетон
3	1	7	Бетон	8	6	8	Бетон
3	2	6	Бетон	8	7	7	Бетон
3	3	6	Бетон	8	8	8	Бетон
3	4	7	Бетон	8	9	8	Бетон
3	5	6	Бетон	8	10	8	Бетон
3	6	7	Бетон	8	11	8	Бетон
3	7	8	Бетон	9	1	25	Гранит
3	8	6	Памятник Кулаковскому	9	2	8	Бетон
3	9	6	Памятник Кулаковскому	9	3	8	Бетон
3	10	7	Бетон	9	4	7	Бетон
3	11	8	Бетон	9	5	7	Бетон
4	1	6	Бетон	9	6	8	Бетон
4	2	6	Бетон	9	7	7	Бетон
4	3	6	Бетон	9	8	8	Бетон
4	4	6	Бетон	9	9	8	Бетон
4	5	6	Бетон	9	10	7	Бетон
4	6	6	Бетон	9	11	8	Бетон
4	7	8	Бетон	10	1	8	Бетон
4	8	8	Бетон	10	2	15	Мрамор
4	9	8	Бетон	10	3	7	Бетон
4	10	8	Бетон	10	4	7	Бетон
4	11	8	Бетон	10	5	8	Бетон
5	1	8	Бетон	10	6	7	Бетон
5	2	8	Бетон	10	7	8	Бетон
5	3	8	Бетон	10	8	8	Бетон
5	4	8	Бетон	10	9	7	Бетон
5	5	8	Бетон	10	10	8	Бетон
5	6	8	Бетон	10	11	8	Бетон
5	7	8	Бетон	11	1	8	Бетон
5	8	8	Бетон	11	2	15	Мрамор
5	9	8	Бетон	11	3	8	Бетон
5	10	8	Бетон	11	4	8	Бетон
5	11	8	Бетон	11	5	7	Бетон
6	1	8	Бетон	11	6	7	Бетон
6	2	8	Бетон	11	7	8	Бетон
6	3	8	Бетон	11	8	7	Бетон
6	4	8	Бетон	11	9	8	Бетон
6	5	8	Бетон	11	10	8	Бетон
				11	11	7	Бетон

Рис. 7. Журнал записи измерений полевой съемки

По итогам проведенных работ для наглядной передачи информации построена карта. Карта интенсивности γ -активности это визуальное представление набора данных, полученных полевой гамма-съемкой, где значения данных отображаются в цветах (рис. 8). С помощью карты легко отследить уровень радиационного фона: взаимодействия определяются разными цветами и их оттенками, например, чем больше аномалия в той или иной части территории, тем темнее цвета и наоборот, чем меньше интенсивность γ -излучения, тем цвета холоднее.

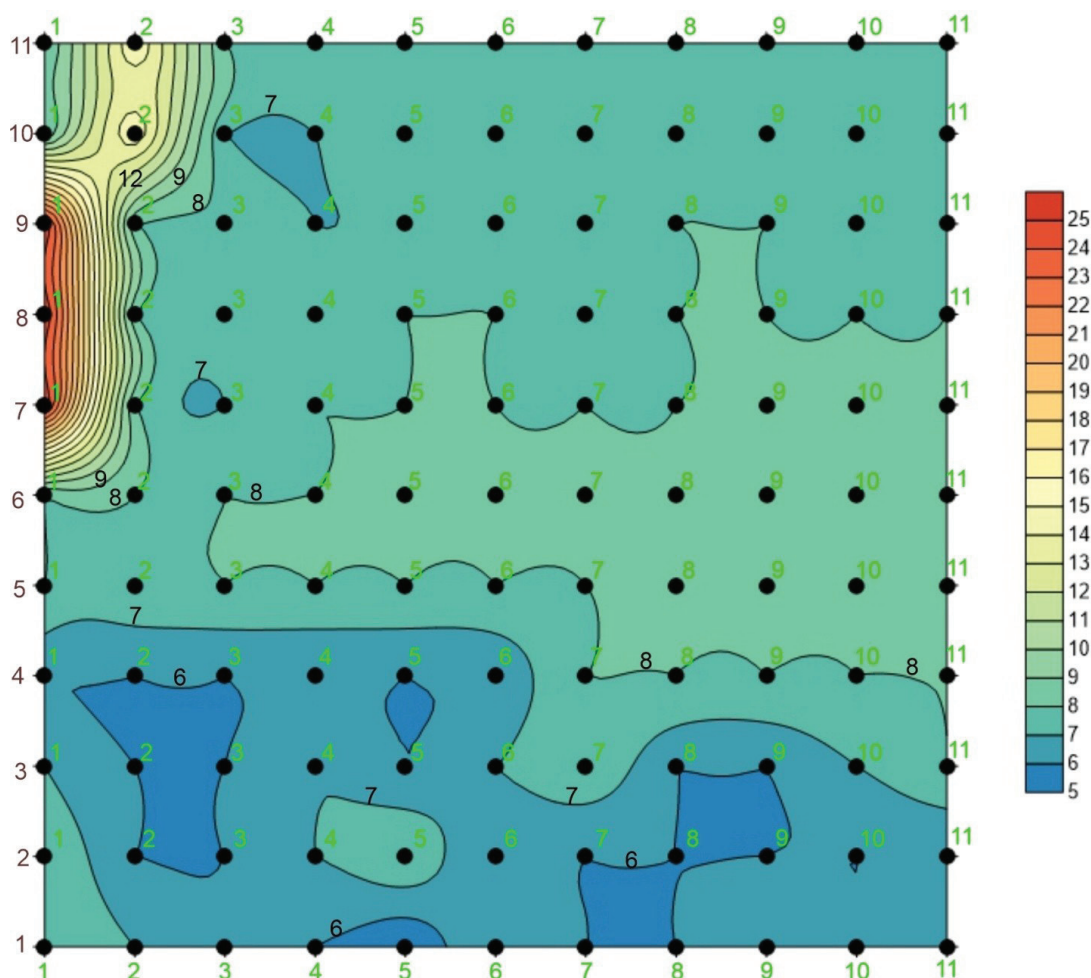


Рис. 8. Результаты измерений гамма-излучения на площади Дружба народов г. Якутск



Рис. 9. Проведение гамма-съемки школьником

Заключение

Из проделанных измерений сделан вывод, что радиационный фон площади Дружбы народов и площади Орджоникидзе г. Якутск в целом укладывается в допустимый. Местом высокого радиационного фона является гранитные ступени театра Оперы и балета (25 мкР/ч). Это связано с материалами, которые использовались при строительстве. Считается, что гранит образуется при столкновении континентальных плит, когда легкие магматические массы поднимаются на поверхность, образуя горные хребты. Гранит излучает радиацию во время выделения из микро-трещин тяжелого радиоактивного газа радона, который выделяется при распаде радиоактивных элементов: радия-226 и тория-232. Кроме этого происходит выделение излучения с поверхности камня, при электронном распаде калия – 40.

В общем фоне чуть завышенное значение имеет мраморный бордюр памятника Сивцеву Д.К., который соответствует 15 мкР/ч, так как мрамор – это метаморфическая порода, преобразованная из осадочных. Осадочные горные породы образуются в условиях переотложения продуктов выветривания или разрушения других горных пород, вследствие выпадения осадка из воды, а также в результате жизнедеятельности всех живых организмов на планете. Мрамор, как и другие метаморфизованные горные породы, не содержит радиоактивные изотопы по своему происхождению, а значит, полностью безопасен. Но имеют способность абсорбировать радиоактивные элементы, растворенные в воде.

На площади Дружбы народов жители города проводят время с детьми: катаются на велосипедах, самокатах и роликах. Так как 25 мкР/ч это предельное значение нормы, рекомендуем населению долго не находиться на лестничной площадке театра, для сокращения времени воздействия излучения.

Литература

1. Нормы радиационной безопасности. НРБ – 99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПИН. 2.6.1.2523 – 09. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902170553> (дата обращения: 1.02.2022).
2. Гусев Н.Г., Климанов В.А., Машкевич В.П., Суворов А.П. Защита от ионизирующих излучений. Физические основы защиты от излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 510 с.
3. Запорожец В.М. Разведочная ядерная геофизика: Справочник геофизика. – М.: Недра, 1977. – 296 с.

References

1. Normy radiacionnoj bezopasnosti. NRB – 99/2009. Sanitarnye pravila i normativy SanPIN. 2.6.1.2523 – 09. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/902170553> (data obrashhenija: 1.02.2022).
2. Gusev N.G., Klimanov V.A., Mashkevich V.P., Suvorov A.P. Zashhita ot ionizirujushhih izluchenij. Fizicheskie osnovy zashhity ot izluchenij. – M.: Jenergoatomizdat, 1989. – 510 s.
3. Zaporozhec V.M. Razvedochnaja jadernaja geofizika: Spravochnik geofizika. – M.: Nedra, 1977. – 296 s.

А.П. Чевычелов, П.И. Собакин, А.Н. Горохов, Л.И. Кузнецова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Россия

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ЗОЛОТОНОСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КУРАНАХСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)

Аннотация. Впервые проведена комплексная оценка радиационной и экологической обстановки на 9-ти золоторудных месторождениях Куранахского рудного поля (КРП), а именно «Северное», «Порфиоровое», «Центральное», «Южное», «Первухинское», «Боковое», «Дорожное», «Дэлбэ» и «Канавное». При проведении исследований использовался комплексный подход, основанный на применении геоэкологических, радиоэкологических и геохимических методов исследования в сочетании с экспрессными и точными методиками полевых и лабораторных работ. Показано, что гамма-фон на исследуемой территории изменяется в пределах от 7 до 26 мкР/ч и не превышает фоновые величины, характерные для карбонатных и терригенных осадочных пород. В мелкоземе пород отвалов и карьеров концентрации ^{40}K варьируют в пределах 0.6-10.1 мг/кг, ^{238}U – 0.8-12.3, а ^{232}Th – 0.5-10.8 мг/кг и в целом соответствуют таковым, характерным для осадочных горных пород. Эффективная удельная активность радионуклидов в мелкоземе горных пород изменяется от 38 до 386 Бк/кг. Помимо оценки радиоэкологической обстановки на исследуемой территории, нами также изучалось общее экологическое состояние природной среды в районе КРП. Здесь также отмечается многофакторное антропогенное и техногенное воздействие на природные ландшафты. В частности показано, что в данном районе 47 % общей площади территории природных ландшафтов нарушено геолого-разведочными и добычными работами. В общем по результатам проведенных исследований радиоэкологическая обстановка в исследуемом районе в настоящее время оценивается как благоприятная, а эколого-геологическая может быть охарактеризована как напряженная, а в отдельных случаях даже как кризисная.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, естественные радионуклиды, радиоэкологическая обстановка, антропогенное воздействие, эколого-геологическая оценка.

ЧЕВЫЧЕЛОВ Александр Павлович – д.б.н., г.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН. E-mail: chev.soil@mail.ru

CHEVYCHELOV Alexandr Pavlovich – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Institute of Biological Problems of Cryolithozone SB RAS. E-mail: chev.soil@mail.ru

СОБАКИН Петр Иннокентьевич – д.б.н., г.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН. E-mail: radioecolog@yandex.ru

SOBAKIN Pyotr Innokentievich – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Institute of Biological Problems of Cryolithozone SB RAS. E-mail: radioecolog@yandex.ru

ГОРОХОВ Алексей Николаевич – к.б.н., с.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН. E-mail: algor64@mail.ru

GOROKHOV Alexey Nikolaevich – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Biological Problems of Cryolithozone SB RAS. E-mail: algor64@mail.ru

КУЗНЕЦОВА Любовь Ивановна – инженер-исследователь Института биологических проблем криолитозоны СО РАН. E-mail: likkol@yandex.ru

KUZNETSOVA Lyubov Ivanovna – Research Engineer, Institute of Biological Problems of Cryolithozone. E-mail: likkol@yandex.ru

A.P. Chevychelov, P.I. Sobakin, A.N. Gorokhov, L.I. Kuznetsova
Institute of Biological Problems of Cryolithozone, Yakutsk, Russia

RADIATION SITUATION AT THE GOLD-BEARING DEPOSITS OF THE KURANAKH ORE FIELD (SOUTH YAKUTIA)

Abstract. For the first time, a comprehensive assessment of the radiation and environmental situation was carried out at 9 gold deposits of the Kuranakh ore field (KOF), namely “Severnoye”, “Porphyrovoye”, “Tsentrallynoye”, “Yuzhnoye”, “Pervukhinskoye”, “Bokovoye”, “Dorozhnoye”, “Delbe” and “Kananoye”. During the research, an integrated approach was used based on the application of geoecological, radioecological and geochemical research methods in combination with express and precise methods of field and laboratory work. It is shown that the gamma background in the study area varies from 7 to 26 mkR/h and does not exceed the background values characteristic of carbonate and terrigenous sedimentary rocks. In the fine-grained rocks of dumps and quarries, concentrations of ^{40}K vary in the range of 0.6-10.1 mg/kg, ^{238}U – 0.8-12.3, and ^{232}Th – 0.5-10.8 mg/kg and generally correspond to those characteristic of sedimentary rocks. The effective specific activity of radionuclides in the fine-grained rocks varies from 38 to 386 Bq/kg. In addition to assessing the radioecological situation in the study area, we also studied the general ecological state of the natural environment in the KOF area. There is also a multifactorial anthropogenic and technogenic impact on natural landscapes. In particular, it is shown that in this area 47 % of the total area of the territory of natural landscapes is disturbed by geological exploration and mining operations. In general, according to the results of the conducted research, the radioecological situation in the studied area is currently assessed as favorable, and the ecological and geological situation can be characterized as tense, and in some cases even as a crisis.

Keywords: gold deposits, natural radionuclides, radioecological situation, anthropogenic impact, ecological and geological assessment.

Введение

Исследуемые золоторудные месторождения располагаются в пределах Куранахского рудного поля (КРП), на водоразделе нижних течений рек Селигдара и Якукота в Южной Якутии. Поселок Верхний Куранах основан в 1942 г. как посёлок дражников прииска Ленинский. Поселок городского типа Нижний Куранах основан в 1945 г. Первая старательская артель «Горняк» вела добычу золота и строила посёлок. Прииск Н. Куранах создан в 1947 г., расположен на берегу р. Большой Куранах. Нижний Куранах является центром золотодобывающей промышленности Центрального Алдана [1].

Основной целью проведенных исследований являлось изучение радиоэкологической ситуации и оценка радиационной и обще-экологической обстановки, сложившейся в настоящее время на территории 9 золоторудных месторождениях КРП, включающих месторождения «Северное», «Порфировое», «Центральное», «Южное», «Первухинское», «Боковое», «Дорожное», «Дэлбэ» и «Канавное».

Объекты и методы

Объектами изучения являлись горные породы и почвогрунты золоторудных месторождений Куранахского рудного поля (рис. 1). Они образовались в толще нижнекембрийских карбонатных отложений на границе последних с нижнеюрской толщей и имеют парагенетическую связь с субмеридиональными дайками минетта-ортофир-бостонитового состава [2].

Обе толщи залегают почти горизонтально поверх раннекембрийского кристаллического фундамента. Характерно широкое распространение мезозойских магматических образований. Руды во всех залежах выветрелые и включают глину, песок, обломки и глыбы вмещающих пород и первичных руд. В последних установлены: пирит (3-20 %), халькопирит, пирротин,

сфалерит, арсенопирит и теллуранты. Золото дисперсное, редко мелкое. Наряду с Au характерны высокие содержания Ag, Bi, Mo и Cu [2].

На первоначальном этапе работ на всех выбранных месторождениях КРП была проведена маршрутная и площадная (по произвольной сети наблюдений) гамма-съемка с использованием радиометра СРП-68-01 по методике, принятой в геологии и радиационной экологии [4-6] (рис. 1).

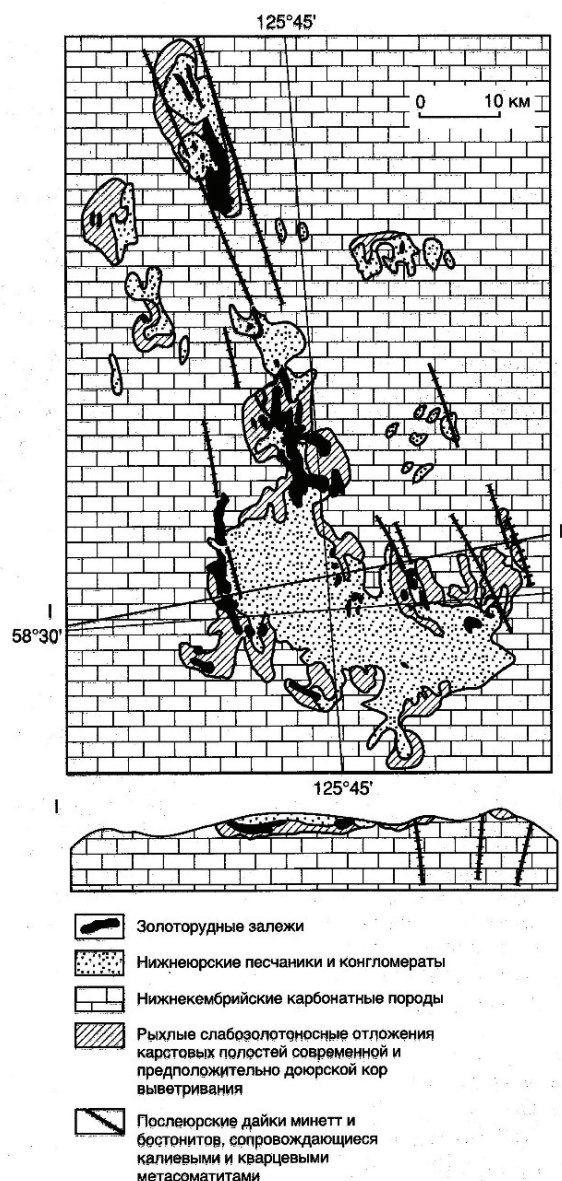


Рис. 1. Геологическое строение Куранахского рудного поля [3]

При этом измерение мощности дозы гамма-излучения радиометром проводилось, как на высоте 1 м от излучающей поверхности, так и вблизи ее, в пределах 0,1 м. Оценка величины мощности дозы гамма-излучения (МЭД) производилось по среднеарифметическому значению 3-5 измерений в каждой точке обследования. В результате дозиметрической гамма-съемки были выбраны участки для отбора проб мелкозема грунтов и определения содержания в них естественных радионуклидов ^{40}K , ^{238}U и ^{232}Th . В качестве спектрометрической измерительной аппаратуры был использован многоканальный анализатор «Прогресс-Гамма» со сцинтилляционным детектором NaI(Tl) размером 63х63 мм, с 7,3 % разрешением по гамма-линии ^{137}Cs

(666 Кэв). Гамма-спектрометрические измерения проб проведены в сосудах Маринели объемом 1 л. Обработка гамма-спектров осуществлялась матричным методом с помощью программного обеспечения «Прогресс», а максимальная погрешность измерения была не более $\pm 30\%$ [7].



Рис. 2. Точки измерения гамма-фона на территории КРП

Результаты и их обсуждение

Результаты работ показали, что мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на поверхности отвалов и карьеров (рис. 3) изменяется от 7 на месторождении «Порфировое» до 23–26 мкР/ч на месторождении «Северное» (табл. 1). При этом на обследованной территории величина средней МЭД оказалась наименьшей на месторождении «Порфировое» (11 мкР/ч), а наибольшей на месторождениях «Канавное» – 18 мкР/ч и «Южное» – 19 мкР/ч. Обнаруженные величины мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в целом характерны для карбонатных и терригенных осадочных пород. Отметим также, что на территории России гамма-фон на открытой местности обычно составляет 5–20 мкР/ч [8].



Рис. 3. Подготовленные к взрыву горные породы месторождения «Дэлбэ»

Таблица 1 – Среднее значение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на месторождениях КРП

№	Месторождения	n	МЭД, мкР/ч
1	Северное	31	14±3
2	Порфиоровое	14	11±3
3	Центральное	28	14±2
4	Южное	10	19±4
5	Первухинское	20	15±2
6	Боковое	6	15±3
7	Дорожное	21	15±2
8	Дэлбэ	15	15±1
9	Канавное	11	18±1

Примечание. Здесь и далее n-объем выборки; 14±3 – среднее значение и его ошибка

Результаты исследований показали, что в мелкоземе пород отвалов и карьеров концентрация ^{40}K варьирует от 0.6 до 10.1 мг/кг, ^{238}U – 0.8-12.3, а ^{232}Th – 0.5-10.8 мг/кг (табл. 2). Кроме измерений гамма-фона и определения концентраций естественных радионуклидов в почвогрунтах и горных породах отвалов оценивали также эффективную удельную активность радионуклидов (Аэфф) по формуле, принятой в нормах радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [9]:

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,3A_{\text{Th}} + 0,09A_{\text{K}},$$

где A_{Ra} и A_{Th} – удельные активности ^{226}Ra и ^{232}Th , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов, A_{K} – удельная активность ^{40}K (Бк/кг).

Таблица 2 – Среднее содержание естественных радионуклидов в мелкоземе горных пород на месторождениях КРП

№	Месторождения	n	⁴⁰ K	²³² U	²³² Th	Аэфф., Бк/кг
			мг/кг			
1	Северное	12	3.5±2.5	3.6±0.8	5.3±2.3	165±76
2	Порфиоровое	7	3.0±1.6	3.4±4.0	3.8±2.3	142±67
3	Центральное	13	3.5±1.2	3.8±1.7	5.5±2.3	147±46
4	Южное	4	6.5±2.2	5.8±1.2	7.8±1.9	304±58
5	Первухинское	7	4.4±1.1	3.0±1.0	5.3±1.8	182±41
6	Боковое	3	3.6±0.6	2.0±0.2	6.2±0.5	166±25
7	Дорожное	4	4.8±1.3	3.2±1.2	5.8±1.8	197±56
8	Дэлбэ	6	4.0±0.7	2.2±1.8	4.9±1.0	160±30
9	Канавное	4	4.3±0.7	4.0±0.7	7.5±1.3	204±29

Эффективная удельная активность радионуклидов в мелкоземе горных пород изменяется от 38 до 386 Бк/кг (табл. 2). При этом максимальное значение эффективной удельной активности радионуклидов было обнаружено в отвалах месторождений «Северное» и «Южное» 376 и 386 Бк/кг соответственно. В настоящее время значение эффективной удельной активности радионуклидов является основной определяющей характеристикой потенциальной радиационной опасности производственных отходов, содержащих опасные для работников предприятий и населения природные радионуклиды. Обнаруженные максимальные значения Аэфф радионуклидов в мелкоземе отвалов месторождений «Северное» и «Южное» немного превышают величину, установленную для строительных материалов (370 Бк/кг), используемых в строящихся и реконструируемых жилых общественных зданиях (I класс) [9]. Средние содержания ^{238}U и ^{232}Th в мелкоземе отвалов и карьеров исследованных месторождений в целом соответствуют таковым, характерным для осадочных горных пород (песчаники, алевролиты, доломиты, известняки и др.) континента [10]. Немного повышенные концентрации калия в мелкоземе пород

обследованных месторождений по сравнению с осадочными породами, видимо, обусловлены генетическими особенностями изученных месторождений. Как известно, важным элементом структуры месторождений Куранахского типа являются протяжённые дайки калиевых минералов и сиенит-порфиринов, которые заполняют трещины в пределах зон тектонических нарушений, контролируемых рудные залежи. Наиболее высокое среднее значение удельной эффективной активности радионуклидов было обнаружено в мелкозернистых горных породах на месторождении «Южное» (304 Бк/кг), а наименьшее – на месторождении «Порфировое» (142 Бк/кг).

Помимо оценки радиоэкологической обстановки на исследуемой территории, нами также изучалось общее экологическое состояние природной среды в районе Куранахского рудного поля (рис. 4). Из выделенных ландшафтов наибольшую площадь на междуречьях занимают гари и лесосеяны, а в долинах рек – дражные полигоны [12]. Техногенные ландшафты наложены на природные. Степень деградации (изменения) природных ландшафтов в границах техногенных неодинакова. Практически полностью изменены природные ландшафты в пределах площадей населенных пунктов, сельхозугодий, карьеров, отвалов, дражных полигонов [13-14]. Наименьшая степень изменений характерна для площадей лесоразработок последних 10 лет, когда использовался метод частичной, полосной вырубki, с последующей очисткой лесосеяны [11].

Добыча рудного золота на территории КРП осуществляется открытым способом. Карьеры и отвалы вскрышных работ, расположенные на водоразделе Селигдар – Якокун, занимают площадь около 10 км². Участки золотодобычи представляют собой «лунный ландшафт», где карьеры глубиной до 45 м чередуются с отвалами и терриконами высотой до 25 м (рис. 5). В процессе добычи рыхлые отложения, выполняющие карстовые полости, извлекаются на всю мощность, что приводит к общему повышению температуры массива горных пород. Днища карьеров находятся выше уровня подземных вод и инфильтрация атмосферных осадков через вскрытые карстовые полости, помимо тепляющего воздействия, вызывает активизацию карстово-суффозионных процессов, оползни и интенсивное оврагообразование [11].

Таблица 3 – Пространственное распределение ландшафтов на территории Куранахского рудного поля

№	Группа типов урочищ	Площадь типа, кв. км	% от общей площади
1	Приводораздельные междуречные пространства плато на карбонатных породах	6.5	6.6
2	Приводораздельные междуречные пространства плато на терригенных породах	15.5	15.7
3	Пологие склоны долин рек и плато на карбонатных породах	4.3	4.4
4	Очень пологие склоны долин рек и плато на карбонатных породах	11.8	12
5	Очень пологие склоны долин рек и плато на терригенных породах	12.1	12.3
6	Днища долин малых рек	2	2
7	Рудничные карьеры и отвалы	42.5	43.1
8	Дражные полигоны	0.3	0.3
9	Промплощадки	0.9	0.9
10	Вырубki	2.7	2.7
Всего		98.6	100

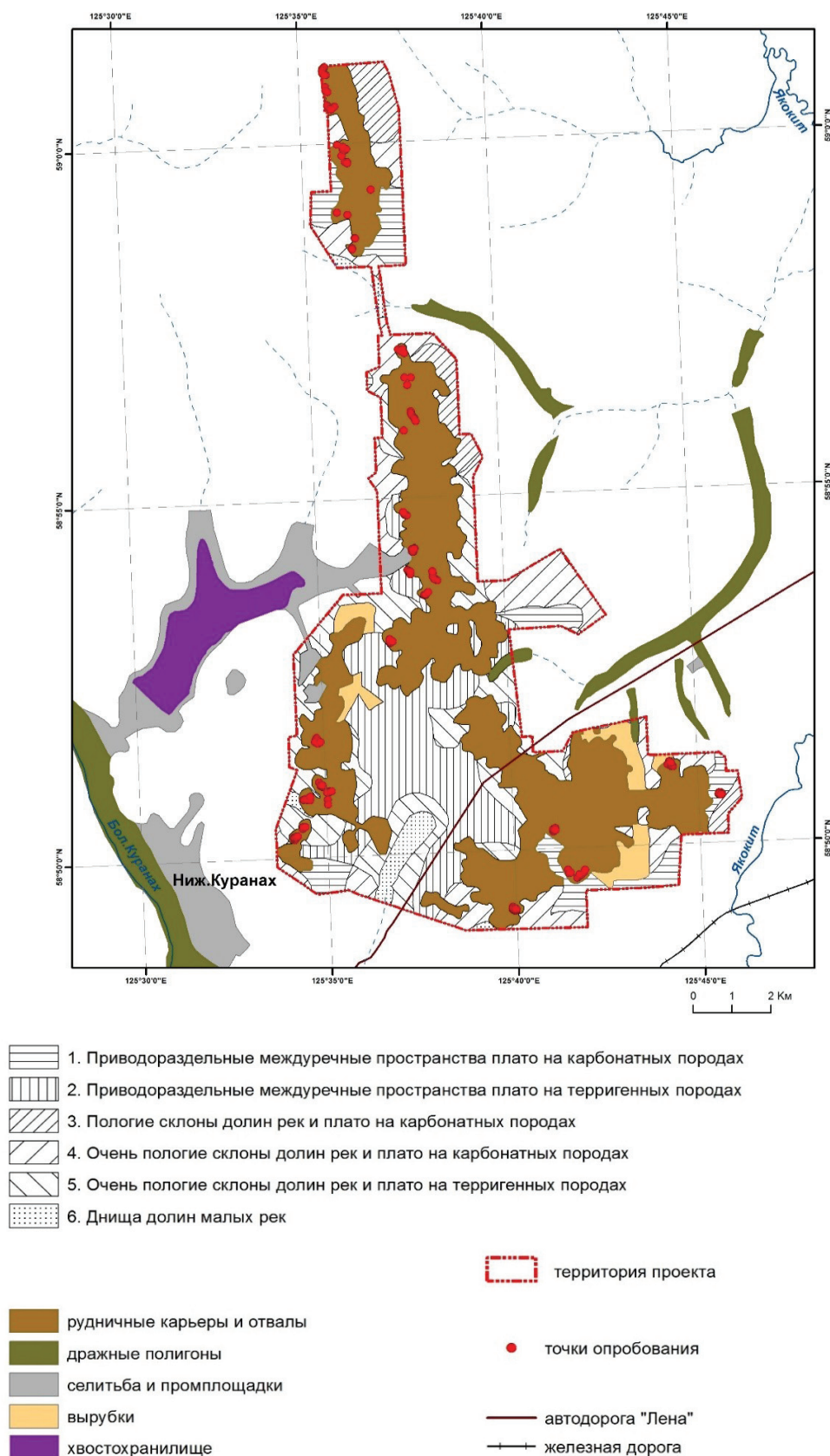


Рис. 4. Карта-схема территории Курамахского рудного поля



Рис. 5. Отвалы горных пород месторождения «Центральное»

Одним из основных факторов, активизирующих экзогенные геоморфологические процессы, являются пожары. Анализ материалов аэрофотосъемки показывает, что 80 % территории в то или иное время подвергалось лесным пожарам [11]. Пожары в большинстве случаев способствуют ухудшению свойств почв [15]. На террасах с избыточным увлажнением и торфяными почвами после пожаров наблюдается прогрессивное развитие процессов заболачивания и термокарста с возникновением новых болотных биоценозов. Пожары в редкостойных лишайниковых лесах на крутых и средней крутизны склонах, а также в подгольцовом поясе с зарослями кедрового стланика, способствуют развитию структурных грунтов – курумов [11, 16].

Здесь также отмечается многофакторное антропогенное и техногенное воздействие на природные ландшафты (уничтожение почвенно-растительного покрова, изменение естественного рельефа местности, изъятие почвенного мелкозема, техногенное загрязнение почвогрунтов токсичными веществами, такими как промышленно-бытовые стоки и тяжелые металлы). Вследствие этого эколого-геологическая оценка на территории КРП может быть охарактеризована как напряженная, а в отдельных случаях даже как кризисная (рис. 6).

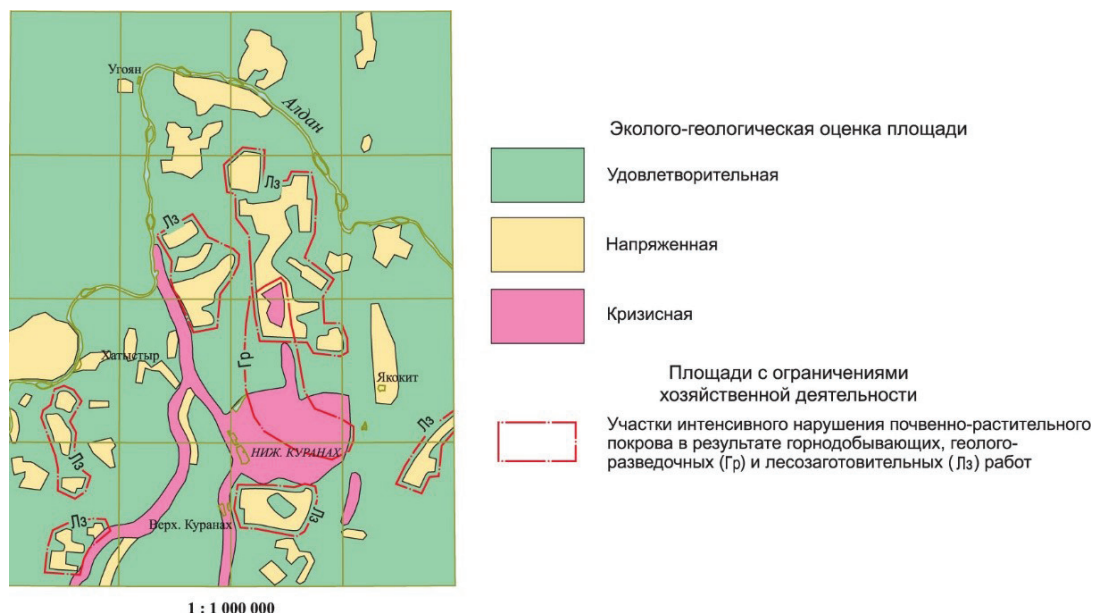


Рис. 6. Эколого-геологическая оценка исследуемой территории [11]

Заключение

Проведены радиоэкологические и общеэкологические исследования на 9-ти золоторудных месторождениях Куранахского рудного поля, а именно, на месторождениях «Северное», «Порфиоровое», «Центральное», «Южное», «Первухинское», «Боковое», «Дорожное», «Дэлбэ» и «Канавное» с целью оценки обстановки, сложившейся здесь в ходе многолетней и широко-масштабной разработки данных месторождений.

Результаты работ показали, что значения МЭД на поверхности отвалов и карьеров изменяется от 7 на месторождении «Порфиоровое» до 23-26 мкР/ч на месторождении «Северное». При этом, на обследованной территории величина средней МЭД оказалось наименьшей на месторождении «Порфиоровое», равной 11 мкР/ч, а наибольшей на месторождениях «Канавное» – 18 мкР/ч и «Южное» – 19 мкР/ч. В мелкоземле пород отвалов и карьеров концентрация ^{40}K варьирует от 0.6 до 10.1 мг/кг, ^{238}U – 0.8-12.3, а ^{232}Th – 0.5-10.8 мг/кг. Средние содержания ^{238}U и ^{232}Th в мелкоземле отвалов и карьеров исследованных месторождений в целом соответствуют таковым, характерным для осадочных горных пород. Эффективная удельная активность радионуклидов в мелкоземле горных пород изменяется от 38 до 386 Бк/кг. При этом максимальные значения эффективной удельной активности радионуклидов были обнаружены в отвалах месторождений «Северное» и «Южное» и составляли 376 и 386 Бк/кг соответственно.

Помимо оценки радиоэкологической обстановки на исследуемой территории, нами также изучалось общее экологическое состояние природной среды в районе Куранахского рудного поля. Из выделенных ландшафтов наибольшую площадь на междуречьях занимают гари и лесоседеланы, а в долинах рек – дражные полигоны. Техногенные ландшафты наложены на природные. Степень деградации природных ландшафтов в границах техногенных неодинакова. Практически полностью изменены природные ландшафты в пределах площадей населенных пунктов, сельхозугодий, карьеров, отвалов, дражных полигонов.

Добыча рудного золота на территории КРП осуществляется открытым способом. Карьеры и отвалы вскрышных работ, расположенные на водоразделе рек Селигдар – Якут, занимают площадь около 10 км². Участки золотодобычи представляют собой «лунный ландшафт», где карьеры глубиной до 45 м чередуются с отвалами и терриконами высотой до 25 м. Одним из основных факторов, активизирующих здесь экзогенные геоморфологические процессы, являются также пожары. Анализ материалов аэрофотосъемки показывает, что 80 % территории в то или иное время подвергалось влиянию лесных пожаров.

В целом по результатам проведенных исследований можно констатировать, что радиоэкологическая обстановка в исследуемом районе в настоящее время оценивается как благоприятная, а общеэкологическая – как напряженная и в отдельных случаях даже как кризисная.

Литература

1. Алданский улус: История. Культура. Фольклор. – Якутск: Изд-во «Бичик», 2004. – 280 с.
2. Утробин Д.В., Шевченко В.И., Воробьев К.А., Шумбасова Г.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Алданская. Лист О-52-VII (Томмот). Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. – 276 с.
3. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 571 с.
4. Инструкция по работе со сцинтилляционными радиометрами при геологических съемках и поисках / под ред. А.Г. Ветрова. – Л.: Рудгеофизика, 1986. – 44 с.
5. Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 296 с.
6. Прудкина М.И., Шашкин В.Л. Справочник по радиометрической разведке и радиометрическому анализу. – М.: Энергоиздат, 1984. – 168 с.

7. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением “Прогресс”. – М.: Центр метрологии, 2003. – 16 с.
8. Маргулис У.Я., Брегадзе Ю.И. Радиационная безопасность. Принцип и средства ее обеспечения. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 120 с.
9. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. – М.: Центр нормативно-технической информации «Медиа Сервис», 2019. – 118 с.
10. Разведочная ядерная геофизика: Справочник геофизика / под ред. О.Л. Кузнецова, А.Л. Поляченко – М.: Недра, 1986. – 432 с.
11. Воробьев К.А., Шумбасова Г.А. Государственная карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Алданская. Лист О-51-XVIII. Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. – 370 с.
12. Федоров А.Н., Горохов А.Н., Макаров В.С., Васильев Н.Ф. Ландшафтное картографирование Центрально-Алданского золотоносного района с использованием ГИС-технологий / А.Н. Федоров, А.Н. Горохов, В.С. Макаров, Н.Ф. Васильев // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 2. – С. 128-131.
13. Артамонова С.Ю., Шумилов Ю.В. К проблеме экологически безопасного природопользования на территории работ АК «Алданзолото» / С.Ю. Артамонова, Ю.В. Шумилов // Наука и образование. – 1998. – № 1. – С. 23-26.
14. Иванов В.В., Миронова С.И., Шумилов Ю.В., Вольперт Я.Л., Тарабукина В.Г., Брук М.Л., Руденко С.Н. Природно-техногенные экосистемы Южной Якутии. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – 186 с.
15. Чевычелов А.П. Лесные пожары на Северо-Востоке России и их влияние на почвенный покров / А.П. Чевычелов // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2017. – № 2. – С. 51-58.
16. Чевычелов А.П. Лесные пожары в Якутии и их влияние на почвенный покров в аспекте прогнозируемого изменения климата / А.П. Чевычелов // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. – 2019. – № 1(13). – С. 55-67.

References

1. Aldanskij ulus: Istorija. Kul'tura. Fol'klor. – Jakutsk: Izd-vo «Bichik», 2004. – 280 s.
2. Utrobin D.V., Shevchenko V.I., Vorob'ev K.A., Shumbasova G.A. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:200 000. Serija Aldanskaja. List O-52-VII (Tommot). Ob#jasnitel'naja zapiska. – М.: MF VSEGEI, 2013. – 276 s.
3. Tektonika, geodinamika i metallogenija territorii Respubliki Saha (Jakutija). – М.: МАИК «Наука/Interperiodika», 2001. – 571 s.
4. Instrukcija po rabote so scintilljacionnymi radiometrami pri geologicheskix s#jomkah i poiskah / pod red. A.G. Vetrova. – L.: Rudgeofizika, 1986. – 44 s.
5. Moiseev A.A., Ivanov V.I. Spravochnik po dozimetrii i radiacionnoj gigiene. – М.: Jenergoatomizdat, 1984. – 296 s.
6. Prudkina M.I., Shashkin V.L. Spravochnik po radiometricheskoj razvedke i radiometricheskomu analizu. – М.: Jenergoizdat, 1984. – 168 s.
7. Metodika izmerenija aktivnosti radionuklidov s ispol'zovaniem scintilljacionnogo gamma-spektrometra s programmym obespecheniem “Progress”. – М.: Centr metrologii, 2003. – 16 s.
8. Margulis U.Ja., Bregadze Ju.I. Radiacionnaja bezopasnost'. Princip i sredstva ee obespechenija. – М.: Jeditorial URSS, 2000. – 120 s.
9. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009): Sanitarno-jepidemiologicheskie pravila i normativy SanPiN 2.6.1.2523-09. – М.: Centr normativno-tehnicheskoy informacii «Media Servis», 2019. – 118 s.
10. Razvedochnaja jadernaja geofizika: Spravochnik geofizika / pod red. O.L. Kuznecova, A.L. Poljachenko – М.: Nedra, 1986. – 432 s.
11. Vorob'ev K.A., Shumbasova G.A. Gosudarstvennaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:200 000. Serija Aldanskaja. List O-51-XVIII. Ob#jasnitel'naja zapiska. – М.: MF VSEGEI, 2013. – 370 s.

12. Fedorov A.N., Gorohov A.N., Makarov V.S., Vasil'ev N.F. Landshaftnoe kartografirovanie Central'no-Aldanskogo zolotonosnogo rajona s ispol'zovaniem GIS-tehnologij / A.N. Fedorov, A.N. Gorohov, V.S. Makarov, N.F. Vasil'ev // Problemy regional'noj jekologii. – 2008. – № 2. – S. 128-131.
13. Artamonova S.Ju., Shumilov Ju.V. K probleme jekologicheskij bezopasnogo prirodopol'zovanija na territorii rabot AK «Aldanzoloto» / S.Ju. Artamonova, Ju.V. Shumilov // Nauka i obrazovanie. – 1998. – № 1. – S. 23-26.
14. Ivanov V.V., Mironova S.I., Shumilov Ju.V., Vol'pert Ja.L., Tarabukina V.G., Bruk M.L., Rudenko S.N. Prirodno-tehnogennye jekosistemy Juzhnoj Jakutii. – M.: ООО «Nedra-Biznescentr», 2006. – 186 s.
15. Chevychelov A.P. Lesnye pozhary na Severo-Vostoke Rossii i ih vlijanie na pochvennyj pokrov / A.P. Chevychelov // Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo centra DVO RAN. – 2017. – № 2. – S. 51-58.
16. Chevychelov A.P. Lesnye pozhary v Jakutii i ih vlijanie na pochvennyj pokrov v aspekte prognoziruemogo izmenenija klimata / A.P. Chevychelov // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Serija: Nauki o Zemle. – 2019. – № 1(13). – S. 55-67.

Ф.Г. Агаев¹, Х.Г. Асадов¹, Э.А. Мамедова¹, Ю.Г. Данилов^{2 1}¹ Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку, Азербайджанская Республика² СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

МЕТОД ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОДНОРОДНОСТИ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Аннотация. Пространственное разрешение обычно понимается как способность различить рядом стоящие пиксели на поверхности. Вместе с тем, если поверхность гомогенна, возможно потребуются дополнительный признак гомогенности для подтверждения факта равенства оценок пикселей.

В статье рассмотрена возможность формирования новой экстремальной спектральной сигнатуры, характеризующей степень температурной гомогенности поверхности земной поверхности на базе измерения поверхностной температуры спутниковыми средствами. Температурно-гомогенным участком принято называть те участки, в которых яркостная температура на верхней границе (ТС) атмосферы не зависит от излучательности. Вместе с тем, равенство $TC(E) = C$; $C = const$ возможно в двух случаях: (а) если E изменяется от E_{min} до E_{max} , однако, TC при этом не изменяется; (б) если E неизменяется и равно постоянной величине то TC также не изменяется. Предложен метод оценки температурной однородности исследуемой поверхности земли. Сформирован новый показатель температурной однородности исследуемых участков земной поверхности. С применением метода вариационной оптимизации показано, что если яркостная температура на верхней границе атмосферы постоянна в принятых пределах излучательности исследуемого участка, то предлагаемый показатель гомогенности достигает максимума при некотором принятом ограничительном условии. При условии соблюдения этого ограничения факт максимума принятого показателя может быть использован в качестве признака температурной однородности участка.

Ключевые слова: температурная однородность, тепловые потоки, подстилающая поверхность, верхняя граница атмосферы, дистанционное зондирование Земли, инфракрасный сенсор, Landsat, спектральная радиация, спектральная сигнатура, спектрорадиометр, эвапотранспирация.

АГАЕВ Фахрaddin Гюльали оглы – д.т.н., проф., дир.института Космических исследований природных ресурсов. Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку. Азербайджанская Республика. E-mail: direktor.tekti@mail.ru

АГАЕВ Fakhreddin Gyulali oglu – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Institute of Space Research of Natural Resources. National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan. E-mail: direktor.tekti@mail.ru

АСАДОВ Хикмет Гамид оглы – д.т.н., проф., нач. отд. НИИ Аэрокосмической информатики. Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку. Азербайджанская Республика. E-mail: asadzade@rambler.ru

АСАДОВ Hikmet Hamid oglu – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of a department, Research Institute of Aerospace Informatics. National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan. E-mail: asadzade@rambler.ru

МАМЕДОВА Эсмира Амиль гызы – с.н.с. Института Космических исследований природных ресурсов. Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку. Азербайджанская Республика. E-mail: esimammedova1985@mail.ru

МАМЕДОВА Esmira Amil gizi – Senior Researcher, Institute of Space Research of Natural Resources. National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan. E-mail: esimammedova1985@mail.ru

ДАНИЛОВ Юрий Георгиевич – к.г.н., проф. Эколога-географического отделения Института естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: iug.danilov@s-vfu.ru

ДАНИЛОВ Yury Georgievich – Candidate of Geographical Sciences, Professor, Department of Ecology and Geography, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: iug.danilov@s-vfu.ru

F.G. Agaev¹, H.H. Asadov¹, E.A. Mammadova¹, Yu. G. Danilov²¹ National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan² M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

METHOD FOR ESTIMATING THE DEGREE OF TEMPERATURE HOMOGENEITY OF THE UNDERLYING SURFACE FROM SATELLITE DATA

Abstract. Spatial resolution is usually understood as the ability to distinguish nearby pixels on a surface. At the same time, if the surface is homogeneous, an additional sign of homogeneity may be required to confirm the fact of equality of pixel estimates. The article considers the possibility of forming a new extreme spectral signature characterizing the degree of temperature homogeneity of the surface of the Earth's surface based on the measurement of surface temperature by satellite means. A temperature-homogeneous area is usually called those areas in which the brightness temperature at the upper boundary of the atmosphere does not depend on the emissivity, i.e. the TC(E) function is equal to a constant value. However, the equality $TC(E)=C$; $C=\text{const}$ is possible in two cases: (a) if E changes from $E_{\min}$ to $E_{\max}$, however, TC does not change; (b) if E is unchanged and is equal to a constant value, then TC also does not change. A method for estimating the temperature homogeneity of the studied surface of the earth is proposed. A new indicator of the temperature uniformity of the studied areas of the Earth's surface has been formed. Using the variational optimization method, it is shown that if the brightness temperature at the upper boundary of the atmosphere is constant within the radiance of the studied area then the proposed new indicator reaches a maximum with the some accepted restriction. The fact of maximum of newly accepted indicator can be used as a sign of the temperature uniformity of the site.

Keywords: temperature uniformity, heat fluxes, underlying surface, upper boundary of the atmosphere, Earth remote sensing, infrared sensor, Landsat, spectral radiation, spectral signature, spectroradiometer, evapotranspiration.

Введение

Исследованию степени температурной гомогенности земной поверхности посвящено значительное количество работ (см., например [1-6]). Тепловая радиация, измеренная сенсором преобразуется в температуру земной поверхности путем использования уравнения переноса оптической радиации. Температура земной поверхности (LST) является показателем состояния земной поверхности и характеризует перенос тепла между земной поверхностью и пограничным слоем атмосферы [1-3]. Этот показатель позволяет оценить ощутимые и латентные тепловые потоки, а также эвапотранспирацию [4-6]. LST является важным показателем для моделирования экосистемы на локальном, региональном и глобальном уровнях. Анализ и оценка LST осуществляется на локальном уровне, используя контактные методы, однако на региональном и глобальном уровнях оценка LST осуществляется методами дистанционного зондирования. В настоящее время функционируют несколько спутников вырабатывающих сведения о температуре поверхности Земли в разных регионах. Например, спектрорадиометры MODIS и SEVIRI, установленные на различных спутниках позволяли определить LST низким пространственным, однако высоким временным разрешением. LANDSAT8 запущенный в 2013-м году, имея термальный радиометрический канал позволил несколько повысить пространственное разрешение измерения LST. Пространственное разрешение обычно понимается как способность различить рядом стоящие пиксели на поверхности. Вместе с тем, если поверхность гомогенна, возможно потребуются дополнительный признак гомогенности для подтверждения факта равенства оценок пикселей.

В настоящей статье мы рассмотрим возможность формирования новой экстремальной спектральной сигнатуры, характеризующей степень температурной гомогенности поверхности земной поверхности на базе измерения поверхностной температуры спутниковыми средствами.

Предлагаемый метод

Предлагаемый метод базируется на методологии проекта Landsat по измерению температуры поверхности Земли. Отметим, что температурные измерения по проекту LANDSAT начались со спутника LANDSAT4, на борту которого была установлена аппаратура ТМ (тематический картопостроитель). На спутнике LANDSAT7 была установлена аппаратура ETM⁺ (Усиленный тематический картопостроитель), а на спутнике LANDSAT8 – аппаратура TIRS (термальный инфракрасный сенсор) и аппаратура OLI (формирователь изображений Земли). Все спутники типа LANDSAT функционируют на гелиосинхронной и околополярной орбите с номинальной высотой 705 км, с орбитальным наклоном 98,2°, с периодом возврата 16 дней. Более подробная информация об этой серии спутников приведена в [7-9].

Кратце изложим метод измерения температуры поверхности Земли, применяемый в спутниковой аппаратуре LANDSAT. Для вычисления поверхностной температуры Земли (LST) используются данные NIR и RED уровня 1 и данные термального диапазона уровня 2 [10]. Для вычисления спектральной радиации ($L\lambda$) на верхней поверхности атмосферы используется следующая формула [11]

$$L\lambda = (ML) \cdot (Q_{cal}) + AL \quad (1)$$

где: $L\lambda$ – спектральная радиация на верхней поверхности атмосферы; ML – мультипликативный коэффициент канала, из числа метаданных канала; Q_{cal} – калиброванные значения пикселей; AL – аддитивные коэффициенты канала из числа метаданных канала.

Для преобразования $L\lambda$ на яркостную температуру (TK) используется следующая формула [12].

$$TK = \frac{k_2}{\ln\left(\frac{k_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

где: TK – яркостная температура (K) на верхней границе атмосферы; k_1, k_2 – специфические постоянные канала.

Отметим, что учет излучательности при определении LST осуществляется по-разному. Например, согласно модели, применяемой в ERDAS IMAGIN, используется следующий порядок [13]:

при:

$$NDVI < -0,185 \quad E = 0,995 \quad (3)$$

$$-0,185 \leq NDVI < 0,157 \quad E = 0,970 \quad (4)$$

$$0,157 \leq NDVI < 0,728 \quad E = 1,0094 + 0,0047 \cdot \ln NDVI \quad (5)$$

$$NDVI \geq 0,727 \quad E = 0,990 \quad (6)$$

Вместе с тем, согласно [14], в проекте LANDSAT излучительность (E) определяется как

$$E = 0,004 \cdot PV + 0,986 \quad (7)$$

где: PV – Долевой коэффициент вегетации, определяемый как [15].

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^{1/2} \quad (8)$$

где: $NDVI$ – нормализованный разностный вегетационный индекс [16]; $NDVI_{max}$, $NDVI_{min}$ – соответственно, максимальное и минимальное значения $NDVI$.

С учетом вышеизложенного, формула для вычисления LST имеет вид [11].

$$LST = \frac{TC}{1 + \frac{\lambda \cdot TC}{\rho} \cdot \ln E} \quad (9)$$

где: λ – длина волны излучаемой радиации; E – излучательность;

$$\rho = \frac{h \cdot c}{\sigma} \quad (10)$$

где: σ – постоянная Больцмана; h – постоянная Планка; c – скорость света.

С учетом вышеизложенного, далее в настоящей статье формируется новый показатель гомогенности оптических свойств отдельных участков земной поверхности.

Допустим, что имеем земельные участки в количестве n , где каждый i -й участок характеризуется излучательностью E_i . Температурно-гомогенным участком будем называть те участки, в которых яркостная температура TC на верхней границе атмосферы не зависит от излучательности, т. е. функция $TC(E)$ равна постоянной величине. Вместе с тем, равенство

$$TC(E) = const \quad (11)$$

возможно в двух случаях:

1. Если E изменяется от E_{min} до E_{max} , однако, TC при этом не изменяется.
2. Если E не изменяется и равно постоянной величине. TC также не изменяется (или E изменяется незначительно, также TC меняется незначительно).

Здесь наиболее правдоподобным является второй вариант, т.к. по первому варианту изменение излучательности неизбежно приводит к изменению LST.

Сформируем обобщенный экстремальный показатель, характеризующий температурную гомогенность полей. Из выражения (9) имеем

$$LST^{-1} = \frac{1 + \frac{\lambda \cdot TC}{\rho} \cdot \ln E}{TC} \quad (12)$$

Проинтегрируем (10) в малом интервале $E_{min} \div E_{max} = \Delta E$. Перед интегрированием введем на рассмотрение следующую функцию

$$TC = f(E) \quad (13)$$

Интегрирование (12) в интервале $E_{min} \div E_{max}$ дает

$$\kappa = \int_{E_{min}}^{E_{max}} LST^{-1} dE = \int_{E_{min}}^{E_{max}} \frac{1 + \frac{\lambda \cdot f(E)}{\rho} \cdot \ln E}{f(E)} dE \quad (14)$$

На функцию $f(E)$ наложим следующее ограничение

$$\int_{E_{min}}^{E_{max}} f(E) dE = const \quad (15)$$

С учетом (14) и (15) сформируем следующую вариационную задачу на экстремум типа не-оклассической задачи Лагранжа с целевым функционалом $F(f(E))$,

$$\text{где } F(f(E)) = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \frac{1 + \lambda \cdot f(E) \cdot \ln E}{f(E)} dE + \gamma \left[\int_{E_{\min}}^{E_{\max}} f(E) dE - C \right] \quad (16)$$

где: γ – множитель Лагранжа.

Для исследования функционала $F(f(E))$ на экстремум вычислим производную интегранта в (16) по $f(E)$, и приравним результат к нулю. Имеем:

$$\frac{\lambda \ln E \cdot f(E) - (1 + \lambda \cdot f(E) \cdot \ln E)}{f^2(E)} + \gamma = 0 \quad (17)$$

Из (17) получим:

$$\frac{1}{f^2(E)} = \gamma \quad (18)$$

Или

$$f(E) = \sqrt{\frac{1}{\gamma}} \quad (19)$$

Таким образом, при $f(E) = \text{const} = c_2$ функционал (16), т.е. показатель $\kappa = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} LST^{-1} dE$ достигает экстремума. Чтобы определить, является ли этот экстремум максимумом или минимумом, вычислим вторую производную интегранта в (14) по $f(E)$.

Имеем

$$\frac{d^2 \left\{ \frac{1 + \lambda \cdot f(E) \cdot \ln E}{f(E)} \right\}}{df(E)^2} = \frac{(\lambda \ln E - \lambda \ln E) f^2(E) - 2 f(E)}{f^4(E)} \quad (20)$$

Как видно из (20) вторая производная всегда отрицательная величина, т.е. при решении (19)

$F(f(E)) = \kappa = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} LST^{-1} dE$ всегда достигает максимума.

Вычислим значение γ используя геометрическое представление, показанное на рис. 1.

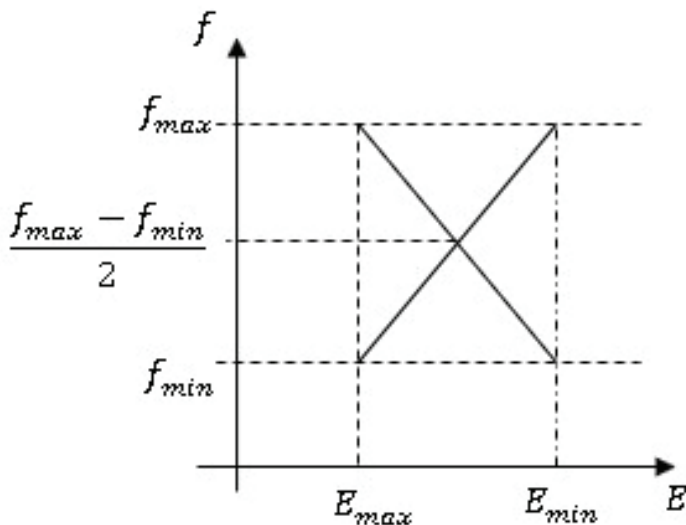


Рис. 1. Геометрическая интерпретация условия (15)

С учетом (15) и (19) получим

$$\int_{E_{min}}^{E_{max}} \sqrt{\frac{1}{\gamma}} dE = C, C = const \quad (21)$$

или

$$\sqrt{\frac{1}{\gamma}} (E_{max} - E_{min}) = C \quad (22)$$

Из (22) получаем

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{C^2}{(E_{max} - E_{min})^2} \quad (23)$$

Так как

$$C = \frac{(f_{max} - f_{min})(E_{max} - E_{min})}{2} \quad (24)$$

из (23) и (24) получим

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{(f_{max} - f_{min})^2}{4} \quad (25)$$

или

$$\sqrt{\frac{1}{\gamma}} = \frac{f_{max} - f_{min}}{2} \quad (26)$$

Таким образом, согласно (26) при изменении E в диапазоне $(E_{max} - E_{min})$ величина f остается постоянной величиной, равной

$$f = \frac{f_{max} - f_{min}}{2} \quad (27)$$

и при таких условиях функционал (16) достигает максимума. Следовательно, предлагаемая сигнатура

$$\kappa = \int_{E_{min}}^{E_{max}} LST^{-1} dE \quad (28)$$

может быть использована в качестве показателя гомогенности участка по температуре, т. к. При $TC = f(E) = \frac{f_{max} - f_{min}}{2}$, показатель κ достигает максимума.

Заключение

Сформулирована и решена задача формирования нового показателя температурной гомогенности исследуемых участков земной поверхности. Показано, что если показатель TC (яркостная температура на верхней границе атмосферы) не изменяется в пределах эмиссивности участка

$(E_{min} - E_{max})$ и равна $\frac{TC_{max} - TC_{min}}{2}$, то предлагаемый показатель $\kappa = \int_{E_{min}}^{E_{max}} LST^{-1} dE$

достигает максимума при ограничении $\int_{E_{min}}^{E_{max}} TC(E) dE = C; \quad C = const.$

Следовательно, при условии соблюдения этого ограничения факт $\kappa \rightarrow max$ может быть использован в качестве признака температурной гомогенности участка.

Литература

1. Li Z.L., Tang B.H., Wu H., Ren H., Yan G., Wan Z., Trigo I.F., Sobrino J.A. Satellite-derived land surface temperature: current status and perspectives // *Remote Sens. Environ.* – 2013. – vol. 131. – P. 14-37.
2. Barsi J.A., Barker J.L., Schott J.R. An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band earth-sensing instrument // *In processdings of the 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Semposium. IGARSS 03. Melbourne, Australia. 21 – 25 July 2003.* – vol. 5. – P. 3014-3016.
3. Tang H., Li Z.L. Introduction // *In quantitative remote sensing in thermal infrared.* – Springer: Germany, 2014. – P. 1-4.
4. Li Z.L., Wu H., Wang N., Qiu S., Sobrino J.A., Wan Z., Tang B.H., Yan G. Land surface emissivity retrieval from satellite data // *Int. J. Remote Sens.* – 2013. – vol. 34. – P. 3084-3127.
5. Walker J.J., De Beurs K.M., Wynne R.H., Gao F. Evaluation of landsat and MODIS data fusion products for analysis of dryland forest phenology // *Remote Sens. Environ.* – 2012. – vol. 117. – P. 381-393.
6. Copertino V.A., Di Pietro M., Scavone G., Telesca V. Comparison of algorithms to retrieve land surface temperature from Landsat-7 ETM+IR data in the Basilicata Ionian band // *Tethys.* – 2012. – vol. 9. – P. 25-34.
7. US Geological Survey Landsat Missions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-5?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (дата обращения: 12.09.2021).
8. US Geological Survey Landsat Missions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-7?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (дата обращения: 12.09.2020).
9. US Geological Survey Landsat Missions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (дата обращения: 12.09.2020).
10. Guillevic P., Götsche F., Nickeson J., Hulley G., Ghent D., Yu Y., Trigo I., Hook S., Sobrino J.A., Remedios J., Roman M., Camacho F. Land surface temperature product validation best practice protocol version 1.1 // *Good Practices for Satellite-Derived Land Product Validation. Land Product Validation Subgroup.* – 2018. – vol. 58, DOI: 10.5067/doc/ceoswgcv/lpv/lst.001.
11. Avdan U., Jovanovska G. Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data // *J. Sensors.* – vol. 2016. – 8 p., DOI:10.1155/2016/1480307.
12. US Geological Survey Using the USGS Landsat Level-1 data product. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product> (дата обращения: 25.07.2021).
13. Qin Z., Karnieli A., Berliner P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from landsat TM data and its application to the Israel – Egypt border region // *International Journal of Remote Sensing.* – 2010. – vol. 22(18). – P. 3719-3746.
14. Carlson T.N., Ripley D.A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index // *Remote Sens. Environ.* – 1997. vol. 62. -P. 241-252, DOI:10.1016/S0034-4257(97)00104-1.
15. Sobrino J.A., Jimenez-Munoz J.C., Paolinin L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5 // *Remote. Sens. Environ.* – 2004. – vol. 90. – P. 434-440, DOI:10.1016/j.rse.2004.02.003.
16. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring Vegetation Sestems in the Great Plains with ERTS // *NASA: Washington, DC, 1974.* – Pp. 309-317.

References

1. Li Z.L., Tang B.H., Wu H., Ren H., Yan G., Wan Z., Trigo I.F., Sobrino J.A. Satellite-derived land surface temperature: current status and perspectives // *Remote Sens. Environ.* – 2013. – vol. 131. – P. 14-37.
2. Barsi J.A., Barker J.L., Schott J.R. An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band earth-sensing instrument // *In processdings of the 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Semposium. IGARSS 03. Melbourne, Australia. 21 – 25 July 2003.* – vol. 5. – P. 3014-3016.

3. Tang H., Li Z.L. Introduction // In quantitative remote sensing in thermal infrared. – Springer: Germany, 2014. – P. 1-4.
4. Li Z.L., Wu H., Wang N., Qiu S., Sobrino J.A., Wan Z., Tang B.H., Yan G. Land surface emissivity retrieval from satellite data // *Int. J. Remote Sens.* – 2013. – vol. 34. – P. 3084-3127.
5. Walker J.J., De Beurs K.M., Wynne R.H., Gao F. Evaluation of landsat and MODIS data fusion products for analysis of dryland forest phenology // *Remote Sens. Environ.* – 2012. – vol. 117. – P. 381-393.
6. Copertino V.A., Di Pietro M., Scavone G., Telesca V. Comparison of algorithms to retrieve land surface temperature from Landsat-7 ETM+IR data in the Basilicata Ionian band // *Tethys.* – 2012. – vol. 9. – P. 25-34.
7. US Geological Survey Landsat Missions. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-5?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (data obrashhenija: 12.09.2021).
8. US Geological Survey Landsat Missions. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-7?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (data obrashhenija: 12.09.2020).
9. US Geological Survey Landsat Missions. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (data obrashhenija: 12.09.2020).
10. Guillevic P., Göttsche F., Nickeson J., Hulley G., Ghent D., Yu Y., Trigo I., Hook S., Sobrino J.A., Remedios J., Roman M., Camacho F. Land surface temperature product validation best practice protocol version 1.1 // *Good Practices for Satellite-Derived Land Product Validation. Land Product Validation Subgroup.* – 2018. – vol. 58, DOI: 10.5067/doc/ceoswgc/lpv/lst.001.
11. Avdan U., Jovanovska G. Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data // *J. Sensors.* – vol. 2016. – 8 p., DOI:10.1155/2016/1480307.
12. US Geological Survey Using the USGS Landsat Level-1 data product. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product> (data obrashhenija: 25.07.2021).
13. Qin Z., Karnieli A., Berliner P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from landsat TM data and its application to the Israel – Egypt border region // *International Journal of Remote Sensing.* – 2010. – vol. 22(18). – P. 3719-3746.
14. Carlson T.N., Ripley D.A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index // *Remote Sens. Environ.* – 1997. vol. 62. -P. 241-252, DOI:10.1016/S0034-4257(97)00104-1.
15. Sobrino J.A., Jimenez-Munoz J.C., Paolinin L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5 // *Remote. Sens. Environ.* – 2004. – vol. 90. – P. 434-440, DOI:10.1016/j.rse.2004.02.003.
16. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring Vegetation Sestems in the Great Plains with ERTS // *NASA: Washington, DC, 1974.* – Pp. 309-317.

ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТА

УДК 551.341, 911.52

DOI 10.25587/SVFU.2022.27.3.005

А.С. Нестерева, С.В. Калиничева¹

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕСОВОЙ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВ СЕЗОННО-ТАЛОГО СЛОЯ НА РАЗНЫХ ЛАНДШАФТАХ В РАЙОНЕ Г. ЯКУТСКА (местность Кердюген)

Аннотация. Реакция многолетнемерзлых пород, включая темпы и масштабы изменений геокриологических условий на изменение климата и хозяйственную деятельность характеризуются как весьма неодинаковые в научных трудах, опубликованных за последние 20-50 лет. Данным обстоятельством продиктовано необходимость изучения и оценки реакции геокриологических условий деятельного слоя в Центральной Якутии на потепление климата и антропогенное воздействие. В статье приводятся результаты исследований влажностных характеристик термокарстового полигона, сформировавшегося после раскорчевки смешанного березово-лиственничного леса в 1965-1985 гг. на участках распространения повторно-жильных льдов, участка пашни незатронутого термокарстовым процессом, а также, участка березовой сукцессии, образовавшегося после вырубki леса и лиственнично-березового мнимо-коренного леса. Определена весовая влажность почвогрунтов в каждом из четырех вышеприведенных типов ландшафтов посредством отбора проб с помощью ручного почвенного буро-пробоотборника из отдельных горизонтов почвы в алюминиевые бюксы в полевых условиях и последующей сушки до постоянной массы и расчета на камеральном этапе. Выявлено изменение влажностных характеристик грунтов в зависимости от изменения мерзлотно-ландшафтных условий. Установлено, что на участке березового леса весовая влажность грунта в сезонно-талом слое на глубине 0,3-1 м выше, чем в лиственнично-березовом мнимо-коренном лесу, за счет высокой сомкнутости крон и малой глубины СТС первого. На участке пашни, где произошли термопросадки влажность грунта в вертикальном горизонте 0,3-1,0 м намного выше, чем на пашне незатронутого термокарстовым процессом, что обуславливается дополнительными условиями увлажнения за счет выпавшего снега, а также, его накопления и задержания на термопросадках.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, весовая влажность грунтов, деятельный слой, Центральная Якутия, мерзлотно-ландшафтные условия, березово-лиственничный лес, сукцессия, термокарст, термокарстовые полигоны, повторно-жильные льды.

НЕСТЕРЕВА Алена Семеновна – м.н.с. Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. E-mail: xo.nestalena@gmail.com

NESTEREVA Alena Semyonovna – Junior Researcher, Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. E-mail: xo.nestalena@gmail.com

КАЛИНИЧЕВА Светлана Вячеславовна – к.г.н., н.с. Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. E-mail: ikoveta@rambler.ru

KALINICHEVA Svetlana Vyacheslavovna – Candidate of Geographical Sciences, Junior Researcher, Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. E-mail: ikoveta@rambler.ru

A.S. Nestereva, S.V. Kalinicheva

Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE WEIGHT MOISTURE CONTENT OF SOILS OF THE SEASONALLY THAWED LAYER ON DIFFERENT LANDSCAPES IN THE AREA OF YAKUTSK (Kerdugen area)

Abstract. The response of permafrost, including the rate and extent of changes in permafrost conditions to climate change and economic activity, is characterized as very unequal in scientific works published over the past 20-50 years. This circumstance dictates the need to study and estimate the response of the permafrost conditions of the active layer in Central Yakutia to climate warming and anthropogenic impact. The article presents the results of studies of the moisture characteristics of the thermokarst polygon, which was formed after the uprooting of a mixed birch-larch forest in 1965-1985 in areas of wedge ice distribution, an area of arable land unaffected by the thermokarst process, as well as an area of birch succession formed after deforestation and a larch-birch forest. The weight moisture content of soils in each of the four above types of landscapes was determined by sampling with a manual soil drill-sampler from individual soil horizons into aluminum bottles in the field and subsequent drying to constant weight and calculation at the cameral stage. A change in the moisture characteristics of soils depending on changes in permafrost and landscape conditions has been revealed. It has been established that in the area of the birch forest, the weight moisture content of the soil in the seasonally thawed layer at a depth of 0.3-1 m is higher than in the larch-birch forest, due to the high density of crowns and the shallow depth of the seasonally thawed layer of the first. In the area of arable land where thermal subsidence occurred, the soil moisture content in the vertical horizon of 0.3-1.0 m is much higher than in the arable land unaffected by the thermokarst process, which is due to additional moistening conditions due to snowfall, as well as its accumulation and retention on thermal subsidence.

Keywords: permafrost, soil weight moisture, active layer, Central Yakutia, permafrost and landscape conditions, birch-larch forest, succession, thermokarst, thermokarst polygons, wedge ice.

Введение

Территория распространения многолетнемерзлых грунтов характеризуется высокой чувствительностью и легкой ранимостью при климатических и техногенных воздействиях [1-3]. При этом, как отмечается Ефремовым П.В. и др. [4] наиболее чувствительным и ранимым является приповерхностный горизонт ММП, который является основой среды обитания наземных экосистем (растительного и животного мира, включая человека) и инфраструктуры экономики Севера и Арктики. За последние 20-50 лет немало работ посвящено реакции ММП (криолитозоны) на изменение климата и хозяйственную деятельность в различных регионах и странах, в которых отмечается, что реакция вечной мерзлоты, включая темпы и масштабы изменений геокриологических условий весьма неодинаковы [5-12]. Из последнего вытекает необходимость изучения и оценки реакции геокриологических условий деятельного слоя в Центральной Якутии на потепление климата и антропогенное воздействие.

Одним из важнейших геокриологических параметров мерзлых пород является влажность. Влажность почвогрунтов наряду с другими факторами определяет характер динамики криогенных процессов, гидротермического режима деятельного слоя и верхних горизонтов пород ледового комплекса в современных условиях потепления климата и антропогенного воздействия (вырубка леса, распашка и т.д.). В свою очередь, влажность сезонно-талого слоя (СТС) почвогрунтов полигона зависит от метеорологических условий года (от запасов влаги в снежном покрове в холодное время и от количества выпавших осадков за теплое время) [15]. Данная работа посвящена выявлению и сравнению весовой влажности почвогрунтов на разных типах ландшафтов в местности Кердуген (около г. Якутска).

Исследования велись на 4 участках: 1 – смешанный лиственнично-березовый лес; 2 – березовая сукцессия, образовавшаяся после вырубki леса; 3 – пашня, не затронутая термокарстовым процессом; 4 – термокарстовый полигон – пашня пораженная и преобразенная криогенным процессом (рис. 1).

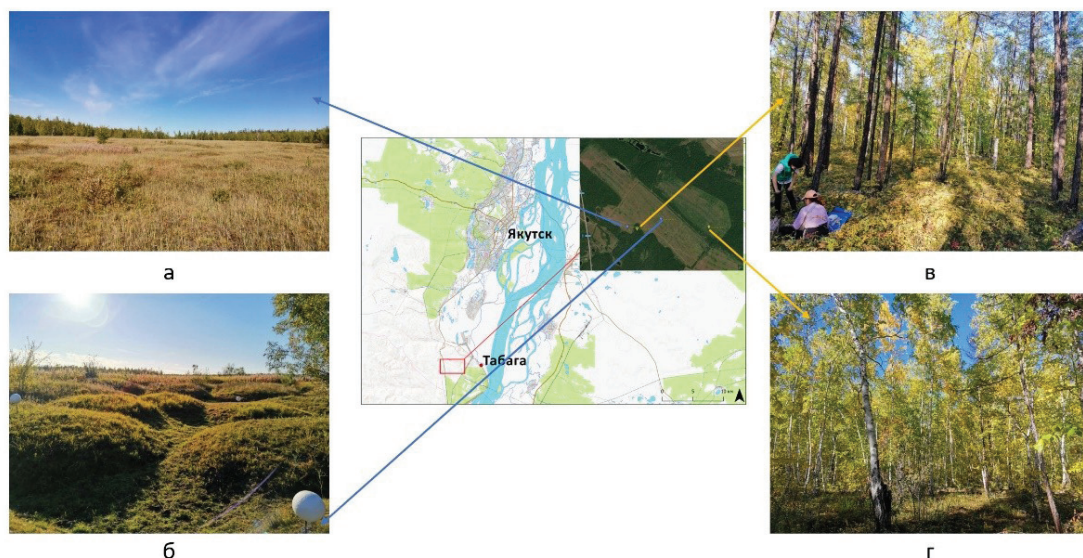


Рис. 1. Участки исследования.

*а – пашня; б – термокарстовый полигон;
в – лиственнично-березовый лес; г – березовая сукцессия.*

Исследуемые участки пашен были освоены путем раскорчевки смешанного березово-лиственничного леса в 1965-1985 гг. по проектам ЯФ института Дальгипрозем без проведения детальных мерзлотных изысканий (хотя на территории повсеместно были распространены повторно-жильные льды (ПЖЛ) шириной до 3,5, длиной до 12-15 м, мощностью более 10 м). После раскорчевки леса и распашки большая часть пашен Кердуген пришла в негодность в конце 1980-х годов, в связи с образованием первоначальных термокарстовых форм рельефа (зачаточный быллар, зрелый быллар, иё) и эрозией почв из-за особенно близкого залегания ПЖЛ [16]. Хотя в последующие годы были проведены противокриогенные мероприятия по восстановлению пашен, однако термокарстовые просадки существуют в настоящее время. В одном из этих термокарстовых полигонов – зрелом былларе были проведены замеры влажности грунтов через каждые 0,1 м до глубины 1 м, результаты которых были сравнены с участком пашни незатронутого термокарстом.

Природные условия

Местность Кердуген расположен на Маганской высокой террасе р. Лены, в 5,5 км северо-западнее поселка Табага и в 30 км южнее города Якутска.

В физико-географическом отношении участок исследования относится к Лено-Амгинской аласной провинции страны Средней Сибири [17].

Климат исследуемого района работ, как и всей Центральной Якутии, резко континентальный [18]. Средняя годовая температура воздуха по станции Якутск за 2010-2020 гг. составляет $-7,2^{\circ}\text{C}$, а среднегодовая сумма осадков равна 229,2 мм (табл. 1).

Таблица 1 – Среднегодовое количество осадков и средняя годовая температура воздуха исследуемого района [19-20]

№	Год	Средняя годовая температура воздуха, °С	Осадки, мм		
			Среднегодовая сумма осадков	Снежный покров (октябрь-апрель)	Летние атм. осадки (май-сентябрь)
1	2010	- 7,7	201,7	73,8	127,9
2	2011	-7,3	239,5	76,7	162,8
3	2012	-7,8	214,5	92,6	121,9
4	2013	-7,4	304,9	64,6	240,3
5	2014	-7,8	237,1	70,7	166,4
6	2015	-6,9	208,7	84	124,7
7	2016	-7,8	228,3	62,2	166,1
8	2017	-6,7	223,1	72,1	151
9	2018	-7,0	237,5	83,6	153,9
10	2019	-6,8	227,9	85,4	142,5
11	2020	-5,9	197,7	111,4	86,3
Среднее значение		-7,2	229,2	79,7	149,4

В почвенном покрове преобладают мерзлотные палевые осолоделые почвы. Литологический состав представлен суглинками. Зональным типом растительности является брусничная лиственничная тайга. Помимо этого, на исследуемой территории на участках старых вырубок широкое распространение имеют разновозрастные березовые сукцессии.

Многолетнемерзлые толщи исследуемой территории имеют сплошное распространение. Мощность СТС в зависимости от механического состава грунта, вида ландшафта, мезо- и микро рельефа, колеблется от 0,9 до 2,5 м. Среднегодовая температура пород многолетнемерзлых грунтов колеблется от -1,5 до -6°С.

Материалы и методы

Для определения весовой влажности почвогрунта в полевых условиях проводился отбор проб с помощью ручного почвенного буро-пробоотборника. Образцы отбирались из отдельных горизонтов почвы в алюминиевые бюксы и взвешивались на технических весах с точностью до 0,01 г.

В камеральном этапе данные образцы высушивались до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С. После, весовая влажность определялась с помощью формулы:

$$W = \frac{100 \cdot (m_1 - m_0)}{m_0 - m}, \quad (1)$$

где m_1 – вес пустого бюкса и влажного грунта, г; m_0 – вес пустого бюкса и сухого грунта, г; m – вес пустого бюкса, г.

Результаты исследования.

Как упоминалось выше, влажность СТС почвогрунтов массива зависит, в основном, от метеорологических условий года (от запасов влаги в снежном покрове и от количества выпавших осадков за теплое время). Весовая влажность почвогрунтов в конце вегетационного периода 2021 г. приведена в табл. 2. и на рис. 2, 3.

Таблица 2 – Весовая влажность почвогрунтов СТС (% от веса) в местности Кердуген, сентябрь 2021 г.

Глубина, м	Участок 1: Листоеннично- березовый лес (мнимо корен- ной) (N 61.81445, E129.54475)	Участок 2: Березовая сукцессия (N 61.81470, E 129.56595)	Участок 3: Пашня, не затро- нутая термокар- стом (N 61.81472, E 129.54192)	Участок 4: Термокарстовый полигон (зрелый быллар) (N 61.81577, E129.55183)
0,1	29,6	10,3	13,0	4,2
0,2	12,6	8,8	11,4	15,8
0,3	5,6	7,7	6,4	19,6
0,4	5,2	7,7	4,6	18,6
0,5	6,2	13,0	4,4	19,0
0,6	6,3	15,2	5,0	20,3
0,7	7,2	13,4	6,0	21,0
0,8	8,5	12,3	9,9	22,4
0,9	8,3	13,1	10,9	22,9
1	8,8	13,4	12,3	24,0

На условия увлажнения помимо всего прочего влияет, также, характер поверхности и ландшафта. Так, на термопросадках, в отличие от пашен, помимо выпавшего снега накапливается и задерживается еще снег, сдуваемый с ровной поверхности пашни, что создает дополнительные условия увлажнения. Во влажные годы процесс термокарста идет интенсивнее, чем в сухие годы. По данным табл. 1, за последнее десятилетие наиболее влажный год отмечался в 2013 г., в последующие годы количество осадков плавно сокращалась с небольшими скачками в разные годы, что привело к затуханию и стабилизации термопросадочного явления в рассматриваемом участке.

В лесных участках за счет того, что деревья выступают в качестве своеобразного сложного фильтра между поверхностью почвы и верхней своей поверхностью, задерживающей часть влаги, которая потом испаряется, не достигая почвы, количество осадков перераспределяется. Трансформирующая роль леса определяется в основном характером лесной растительности или обобщенно степенью насыщенности фитомассой пространства, ею занимаемого, и ее специфическими особенностями. Трансформирующая роль сводится к задержанию жидких осадков пологом древостоя, подлеском, живым покровом и лесной подстилкой, причем большая часть задержанной влаги испаряется и в жидком виде в почву не поступает. Твердые осадки в виде снега, оседая на кронах, задерживаются пологом древостоя. Часть их в течение зимы испаряется, не переходя в жидкое состояние, но большая часть стряхивается с крон при ветрах и таким образом достигает поверхности почвы [21].

Как видно из графика (рис. 2) весовая влажность грунтов в березовом лесу чуть выше, чем в листоеннично-березовом лесу. Молодая березовая сукцессия (до 30 лет), в целом, характеризуется высокой сомкнутостью крон (до 0,9) и малой глубиной СТС (в среднем 1 м), что обуславливает достаточно высокую влажность почвогрунта. Так, высокая сомкнутость крон способствует медленному испарению, создавая препятствия проникновению солнечных лучей, а за счет малой глубины СТС – вся влага перераспределяется в верхнем почвенном слое.

Однако с течением времени береза сменяется хвойными породами – листоенница оправляется, догоняет в росте березу. При этом чаще для листоенничных лесов более характерна при- смесь березы в резко континентальной мерзлотной области [21], как например, в первом участке исследования. Тем не менее, с течением времени, береза, будучи менее долговечной, выпадает и остается одна листоенница.

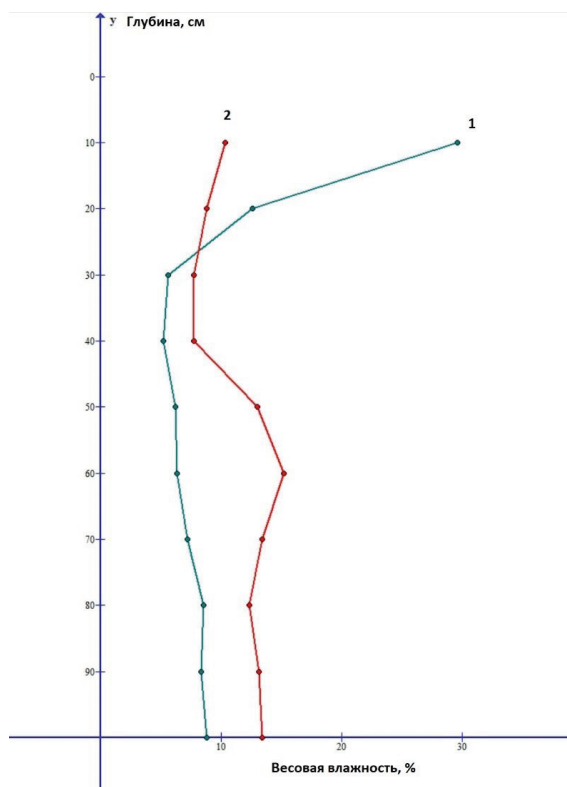


Рис. 2. Весовая влажность почвогрунтов на лесных участках местности Кердоген: 1 – лиственнично-березовый лес, 2 – березовый лес (сентябрь, 2021 г.)

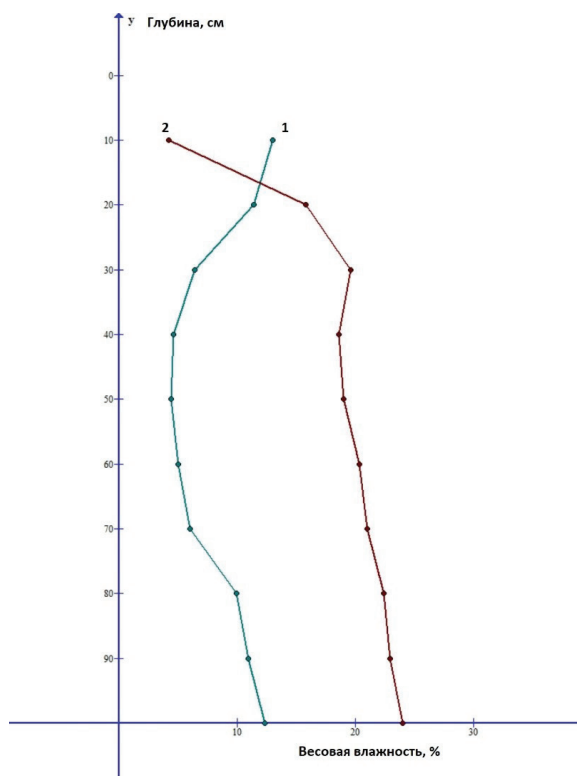


Рис. 3. Весовая влажность почвогрунтов на разных участках пашен (затронутого термокарстом и без), местность Кердоген: 1 – Пашня, не затронутая термокарстом, 2 – Термокарстовый полигон (сентябрь, 2021 г.)

На открытом участке влажность почвы под просадками в основном всегда выше влажности почвы пашни, что также отображается на проведенных нами замерах 2021 г. (рис. 3). Влажность почвогрунта на термокарстовом полигоне, начиная с первых метров, плавно растет до нижней точки измерения (1 м), при этом разница весовой влажности на глубине 0,1 и 1 м существенно различаются – с глубиной влажность значительно возрастает. На всех 4 рассмотренных участках определенная закономерность повышения весовой влажности наблюдается с глубины 0,3 м, что обуславливается сильным влиянием поверхностных условий увлажнения на верхний почвенный профиль до указанной отметки.

Заключение

В работе приведены результаты исследований весовой влажности почвогрунтов на четырех разных участках – термокарстовом полигоне, участке пашни незатронутого термокарстовым процессом, на участке с березовой сукцессией и лиственнично-березовым мнимо-коренным лесом. Выявлено изменение влажностных характеристик грунтов в зависимости от изменения мерзлотно-ландшафтных условий.

Установлено, что на участке березовой сукцессии весовая влажность грунта в сезонно-талом слое на глубине 0,3-1 м колеблется в диапазоне от 7,7 до 15,2 % от веса и выше, чем в лиственнично-березовом мнимо-коренном лесу, где весовая влажность почвогрунта в указанной глубине характеризуется значениями от 5,2 до 8,8 % от веса, за счет высокой сомкнутости крон и малой глубины СТС первого.

На участке пашни, где произошли термопросадки влажность грунта в вертикальном горизонте 0,3-1,0 м намного выше (от 18,6 до 24,0 % от веса), чем на пашне незатронутого термокарстовым процессом (4,4 до 12,3 % от веса в диапазоне 0,1-1 м), что обуславливается дополнительными условиями увлажнения за счет выпавшего снега, а также, его накопления и задержания на термопросадках.

В рассматриваемой территории продолжают дальнейшие мониторинговые исследования за динамикой влажности почвогрунтов.

Работа выполнена в рамках базового проекта СО РАН АААА-А20-120111690009-6.

Литература

1. Гаврильев П.П. Термопросадки и деформации поверхности поля при мелиорации долины р.Амги // Криогидрологические исследования. – Якутск, 1985. – С. 148-161.
2. Граве Н.А. Принципы оценки чувствительности поверхности к техногенным воздействиям (на примере территории Якутии) / Охрана природы Якутии. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1979. – С.91-94.
3. Граве Н.А., Мельников П.И. Критерии и прогнозы устойчивости мерзлотных ландшафтов // Факторы и механизмы устойчивости геосистем. – М.: АН СССР, Институт географии, 1989. – С. 163-171.
4. Ефремов П.В., Угаров И.С., Гаврильев П.П. Реакция агроландшафтов Центральной Якутии на потепление климата. – Саарбрюккен (Германия): изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 144 с.
5. Балобаев В.Т. Геотермия мерзлой зоны литосферы севера Азии. – Новосибирск: Наука, 1991. – 194 с.
6. Павлов А.В. Теплообмен почвы с атмосферой в северных и умеренных широтах территории СССР. – Якутск, 1975. – 302 с.
7. Павлов А.В. Мерзлотно-климатический мониторинг России: методология, результаты наблюдений, прогноз / А.В. Павлов // Криосфера Земли. – 1997. – № 1. – С.47-58.
8. Скрыбин П.Н., Варламов С.П., Скачков Ю.Б. Оценка изменений температурного режима грунтов при нарушении природных условий // Рациональное природопользование в криолитозоне. – М.: Наука, 1992. – С. 165-173.
9. Шур Ю.Л. Верхний горизонт толщи мерзлых пород и термокарст. – Новосибирск: Наука, 1988. – 213 с.
10. Ершов Э.Д., Козлов А.Н., Пармузин С.Ю. и др. Деградация криолитозоны России при глобальном потеплении климата // Материалы первой конференции геокриологов России. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – Т.2. – С.319-328.

11. Гаврилова М.К. Климат и многолетнее промерзание горных пород. – Новосибирск: Наука, 1978. – 214 с.
12. Гаврилова М.К. Современный климат и вечная мерзлота на континентах. – Новосибирск: Наука, 1981. – 113 с.
13. Фотиев С.М. Гидрогеотермические особенности криогенной области СССР. – М.: Наука, 1978. – 238 с.
14. Скачков Ю.Б. Современные изменения климата Центральной Якутии // Климат и мерзлота: комплексные исследования в Якутии. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2000. – С.55-63.
15. Угаров И.С., Ефремов П.В. Криомониторинг агроландшафтов Центральной Якутии / И.С. Угаров, П.В. Ефремов // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 12. – С. 137-139.
16. Гаврильев П.П., Угаров И.С., Ефремов П.В. Мерзлотно-экологические особенности таежных агроландшафтов Центральной Якутии. – Якутск: Издательство Института мерзлотоведения СО РАН, 2001. – 196 с.
17. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1: 1 500 000 / Федоров А.Н., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Васильев Н.Ф., Макаров В.С. и др.; гл. ред. М.Н. Железняк – Якутск: ИМЗ СО РАН, 2018. 2 л.
18. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. – Якутск: Якутское кн. изд-во, 1973. – 120 с.
19. Погода и климат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 30.05.2022).
20. Web Аисори-М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aisori-m.meteo.ru> (режим доступа: 27.05.2022).
21. Поздняков Л.К. Мерзлотное лесоведение. – Новосибирск: Наука, 1986.

References

1. Gavril'ev P.P. Termoprosadki i deformacii poverhnosti polja pri melioracii doliny r.Amgi // Kriogidrologicheskie issledovaniya. – Jakutsk, 1985. – S. 148-161.
2. Grave N.A. Principy ocenki chuvstvitel'nosti poverhnosti k tehnogennym vozdeystviyam (na primere territorii Jakutii) / Ohrana prirody Jakutii. – Jakutsk: IMZ SO RAN, 1979. – S.91-94.
3. Grave N.A., Mel'nikov P.I. Kriterii i prognozy ustojchivosti merzlotnyh landshaftov // Faktory i mehanizmy ustojchivosti geosistem. – M.: AN SSSR, Institut geografii, 1989. – S. 163-171.
4. Efremov P.V., Ugarov I.S., Gavril'ev P.P. Reakcija agrolandshaftov Central'noj Jakutii na poteplenie klimata. – Saarbrücken (Germanija): izd-vo LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 144 s.
5. Balobaev V.T. Geotermija merzloy zony litosfery severa Azii. – Novosibirsk: Nauka, 1991. – 194 s.
6. Pavlov A.V. Teploobmen pochvy s atmosferoj v severnyh i umerennyh shirotah territorii SSSR. – Jakutsk, 1975. – 302 s.
7. Pavlov A.V. Merzlotno-klimaticheskij monitoring Rossii: metodologija, rezul'taty nabljudenij, prognoz / A.V. Pavlov // Kriosfera Zemli. – 1997. – № 1. – S.47-58.
8. Skrjabin P.N., Varlamov S.P., Skachkov Ju.B. Ocenka izmenenij temperaturnogo rezhima gruntov pri narusenii prirodnyh uslovij // Racional'noe prirodopol'zovanie v kriolitozone. – M.: Nauka, 1992. – S. 165-173.
9. Shur Ju.L. Verhnij gorizont tolshhi merzlyh porod i termokarst. – Novosibirsk: Nauka, 1988. – 213 s.
10. Ershov Je.D., Kozlov A.N., Parmuzin S.Ju. i dr. Degradacija kriolitozony Rossii pri global'nom poteplenii klimata // Materialy pervoj konferencii geokriologov Rossii. – M.: Izd-vo MGU, 1996. – T.2. – S.319-328.
11. Gavrilova M.K. Kлимат и многолетнее промерзание горных пород. – Novosibirsk: Nauka, 1978. – 214 s.
12. Gavrilova M.K. Sovremennyy klimat i vechnaja merzlota na kontinentah. – Novosibirsk: Nauka, 1981. – 113 s.
13. Fotiev S.M. Hidrogeotermicheskie osobennosti kriogennoj oblasti SSSR. – M.: Nauka, 1978. – 238 s.
14. Skachkov Ju.B. Sovremennye izmenenija klimata Central'noj Jakutii // Kлимат и мерзлота: комплексные исследования в Якутии. – Jakutsk: Izd-vo Instituta merzlotovedenija SO RAN, 2000. – S.55-63.

15. Ugarov I.S., Efremov P.V. Kriomonitoring agrolandshaftov Central'noj Jakutii / I.S. Ugarov, P.V. Efremov // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. – 2012. – № 12. – S. 137-139.
16. Gavril'ev P.P., Ugarov I.S., Efremov P.V. Merzlotno-jekologicheskie osobennosti taezhnyh agrolandshaftov Central'noj Jakutii. – Jakutsk: Izdatel'stvo Instituta merzlotovedenija SO RAN, 2001. – 196 s.
17. Merzlotno-landshaftnaja karta Respubliki Saha (Jakutija). Masshtab 1: 1 500 000 / Fedorov A.N., Torgovkin Ja.I., Shestakova A.A., Vasil'ev N.F., Makarov V.S. i dr.; gl. red. M.N. Zheleznyak – Jakutsk: IMZ SO RAN, 2018. 2 l.
18. Gavrilova M.K. Klimat Central'noj Jakutii. – Jakutsk: Jakutskoe kn. izd-vo, 1973. – 120 s.
19. Pogoda i klimat [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.pogodaiklimat.ru> (data obrashhenija: 30.05.2022).
20. Web Aisori-M [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://aisori-m.meteo.ru> (rezhim dostupa: 27.05.2022).
21. Pozdnjakov L.K. Merzlotnoe lesovedenie. – Novosibirsk: Nauka, 1986.

ГИДРОЛОГИЯ

УДК 551.515.9:556.535.2
DOI 10.25587/SVFU.2022.27.3.006

Н.И. Тананаев^{1,2}, Н.А. Находкин³, А.О. Голованов²

¹ Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

² СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

³ Якутское региональное отделение РОССОЮЗСПАС, г. Якутск, Россия

ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАВОДНЕНИЙ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. АМГА, ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ

Аннотация. Наводнения на р. Амга наблюдаются в период весеннего половодья, в первую-вторую декаду мая. Весеннее половодье – основной гидрологический сезон в среднем и нижнем течении р. Амга, к нему приурочен годовой максимум уровня и расхода воды в створе г.п. Амга. В последнее десятилетие пик половодья сместился на 6-8 дней в сторону более ранних дат, и чаще наблюдается в первую декаду мая. Русло р. Амга в районе с. Амга изобилует участками-«концентраторами» заторов, что способствует их возникновению, однако, возникают они не каждый год. Погодные условия периода половодья могут играть определяющую роль в формировании наводнений, благоприятствуя одновременно быстрому снеготаянию в верховьях реки и формированию заторов в среднем течении. Критериальный анализ указывает на более снежные зимы, более холодную третью декаду апреля и более высокое давление во второй декаде мая в центральной Якутии в годы с наводнениями. Большинство наводнений происходит в годы с суммой зимних осадков в верхнем течении р. Амга свыше 120 мм. Толщина льда в створе г.п. Амга не относится к факторам, определяющим вероятность возникновения затора. Максимальный уровень $H_{1\%}$, определенный с использованием «модели надпороговых значений», составляет 145.91 м БС (1178 см), $H_{0.1\%} = 146.88$ м БС (1277 см). На эти отметки должны ориентироваться проекты мер снижения гидрологических рисков, в том числе градостроительное зонирование, а также оценки вероятностных ущербов для возможных наводнений.

Ключевые слова: наводнения, серии наводнений, концентраторы заторов, центральная Якутия, конфигурация полей метеоэлементов, река Амга, климатический реанализ, модель надпороговых значений, критериальный анализ, минимизация гидрологических рисков.

ТАНАНАЕВ Никита Иванович – к.г.н., в.н.с. Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. E-mail: TananaevNI@mpi.ysn.ru

TANAIEV Nikita Ivanovich – Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Melnikov Permafrost Institute SB RAS. E-mail: TananaevNI@mpi.ysn.ru

НАХОДКИН Николай Александрович – к.б.н., рук. Якутского регионального отделения РОССОЮЗСПАСа. E-mail: nakhodkin@mail.ru

NAKHODKIN Nikolay Aleksandrovich – Candidate of Biological Sciences, Head, Yakutian Regional Office, ROSSOYUZSPAS. E-mail: nakhodkin@mail.ru

ГОЛОВАНОВ Алексей Олегович – ст. преп. Эколога-географического отделения Института естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: shedansan@mail.ru

GOLOVANOV Aleksey Olegovich – Senior Lecturer, Department of Ecology and Geography, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: shedansan@mail.ru

N.I. Tananaev^{1,2}, N.A. Nakhodkin³, A.O. Golovanov²

¹ Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

² M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

³ ROSSOYUZSPAS, Yakutsk Regional Division, Yakutsk, Russia

NATURAL DRIVERS OF HIGH FLOODS IN THE MIDDLE REACHES OF THE AMGA RIVER, CENTRAL YAKUTIA

Abstract. Major flooding in the middle Amga River occurs in late spring, early to mid-May. Spring flood is the main hydrological season in the middle and lower reaches of the Amga River, marked with the annual maximum of the level and discharge of water at the Amga hudropost. In the last decade, spring freshet peak was observed in first 10 days of May, which was 6-8 days earlier than average. The Amga River channel in its middle reaches hosts multiple fluvial forms – potential ice jam concentrators, i.e. shallows and sharp channel bends, but ice jam floods are not observed annually. The weather conditions of the high water period can play a decisive role in the formation of floods, simultaneously favoring rapid snowmelt in the upper reaches of the river and the formation of jams in the middle reaches. A criterial analysis showed higher snow accumulation in the upstream catchment section, lower air temperature in the last 10 days of April and higher air pressure in mid-May in central Yakutia in the years with high floods in the middle Amga River reaches. Most floods were observed in the years with total winter precipitation over 120 mm in the upper part of the catchment. Ice thickness appear to have no influence on the ice jam probability of occurrence. Maximum water stage with return period of 100 years, calculated using ‘peak-over-threshold’ approach, is 145.91 m, and with return period of 1000 years – 146.88 m.

Keywords: floods, flood series, concentrators of congestion, configuration of fields of meteorological elements, central Yakutia, Amga River basin, climate reanalysis, peak-over-threshold model, criterial analysis, hydrological risk reduction.

Введение

Наводнения занимают первое место в мире среди природных бедствий по нанесенному ущербу, как в мире в целом, так и в большинстве государств, включая Российскую Федерацию [1]. По данным Минприроды РФ, среднегодовой ущерб от наводнений в стране, в сумме по семи основным водным бассейнам, превышает 120 млрд руб. (в ценах 2020 г.). Основной ущерб связан с горными районами и областями умеренных широт – Кавказ и юг России, южная Сибирь, Приамурье [2]. На бассейн р. Лена в среднем приходится около 5 млрд руб. годового ущерба (в ценах 2020 г.) [1], хотя оценка Государственного доклада опирается на устаревшие данные 2013 года.

В Республике Саха (Якутия) суммарный ущерб от наводнений за период с 1998 по 2018 г. превышает 40 млрд руб. в ценах 2020 г. [3]. Основная часть этой суммы – ущерб от наводнений на средней Лене и в центральной Якутии, случившихся в 1998 и 2001 гг., который составил, соответственно, 2,8 % и 7 % годового валового регионального продукта. Помимо этих крупнейших наводнений, с начала XXI века в Якутии произошло достаточно много крупных наводнений меньшего масштаба: в бассейне р. Витим и на р. Лена ниже устья Витима – в 2006 г., на средней Лене ниже Якутска – в 2010, 2013 и 2018 гг., в бассейне р. Алазея – в 2007-2008 гг., и после перерыва – снова в 2017-2018 гг., в центральной Якутии – также в 2007-2008 гг. и после перерыва – в 2018 г., на среднем Алдане – в 2018 г., в бассейне р. Адыча – в 2008 г., в бассейне р. Колыма – в 2012, 2013, 2014 и 2017 гг. [4].

Прямой ущерб от наводнения 2018 г., наиболее близкого по времени, оценивается в 1,5 млрд руб., основная часть которого пришлась на населенные пункты среднего течения р. Амга в центральной Якутии. В предыдущие годы от наводнений неоднократно страдали также поселения в нижнем течении Амги. Пострадавшие районы, так называемые “заречные улусы” – важные

сельскохозяйственные области, стержень продовольственной безопасности региона и его социально-экономического развития. В рамках данной публикации рассмотрены природные предпосылки возникновения наводнений в среднем и нижнем течении р. Амга, с фокусом на с. Амга, хозяйственно-административном центре региона.

Меры, направленные на минимизацию гидрологических рисков и возможного прямого ущерба, должны быть обоснованы полной и достоверной информацией о гидрологии бассейна р. Амга и основных природных факторах наводнений, что определяет актуальность нашего исследования. Обобщение этой базовой информации в целях анализа основных сценариев наводнений, разработки методов их прогноза и принципов защиты от затопления – основная задача данной статьи.

Участок исследований

Бассейн р. Амга, площадью 69 300 км², расположен в южной и центральной Якутии, в верхней части – в междуречье рр. Алдан и Олекма, в средней и нижней части – в пределах Лено-Алданского междуречья (Рис. 1). Верховья реки дренируют северо-западные отроги Алданского нагорья с высотами от 1200 до 1300 м н.у.м. Ниже по течению река врезается в Алданское плато, выровненную поверхность выветривания с высотами в пределах от 350 до 600 м., а ниже с. Амга – выходит в пределы Центральнаякутской низменности, впадая затем в р. Алдан.

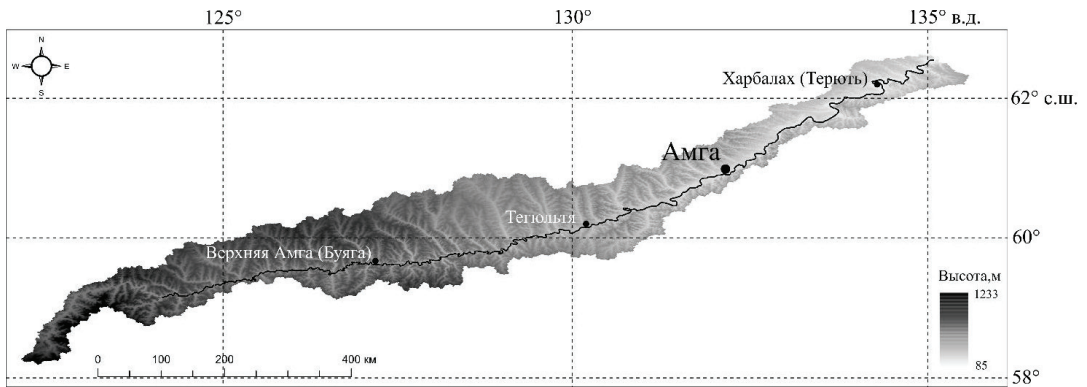


Рис. 1. Схема бассейна р. Амга

В среднем течении реки, на расстоянии 436 км от устья, в левобережной части долины расположено село Амга, в наибольшей степени пострадавшее от наводнения 2018 года. Село Амга – районный центр Амгинского улуса (района) РС (Я), основано в 1652 г. и с тех пор остается важным центром освоения региона. Население села составляет 6590 чел., района – 16745 чел. (2019). В настоящее время Амга и села Амгинского района, расположенные по берегам р. Амга (села Оннес, Болугур, Чакур 2-й, Бетюнцы, Абага, Мяндиги), в основном ориентированы на сельское хозяйство и животноводство. Район начинает играть роль локального туристического центра благодаря наличию автомобильной трассы, связывающей с. Амга с Якутском.

Климат региона – резко-континентальный, с холодной зимой и коротким жарким летом. Средняя температура января, по данным м/с Амга, составляет –40.8°C, июля +17.8°C, зимой температура опускается ниже –60°C, летом нередко поднимается выше +30°C. Годовая сумма осадков по м/с Тегюльга, в 90 км к юго-западу от с. Амга (рис. 1), составляет 270 мм, из которых 168 мм, или 62 %, выпадают в виде дождей, 102 мм, или 38 % – в виде снега или смешанных осадков. В верхней части бассейна, на западной окраине Алданского нагорья, среднегодовая сумма осадков возрастает до 394 мм, из которых дождевых – 247 мм, твердых и смешанных – 147 мм (по данным м/с Дикимдя в бассейне р. Олёкма).

Водный режим р. Амга – восточно-сибирский, с выраженным весенне-летним половодьем, нередко – с наложенными дождевыми паводками на спаде, одним или несколькими

дождевыми паводками летне-осеннего периода, и продолжительной зимней меженью без прекращения стока (Рис. 2). Основные гидрологические характеристики типичны для региона, южная часть которого подвержена ограниченному влиянию муссонной циркуляции, а северная – попеременному влиянию Сибирского антициклона и проникающих с востока охотоморских циклонов (Табл. 1). В среднем и нижнем течении реки, вследствие общей засушливости климата, происходит снижение модуля и слоя стока – относительных характеристик, до 1.69 л/с·км² и 53 мм, соответственно, на участке между г.п. Буяга и Терюль (расположение гидропостов показано на рис. 1).

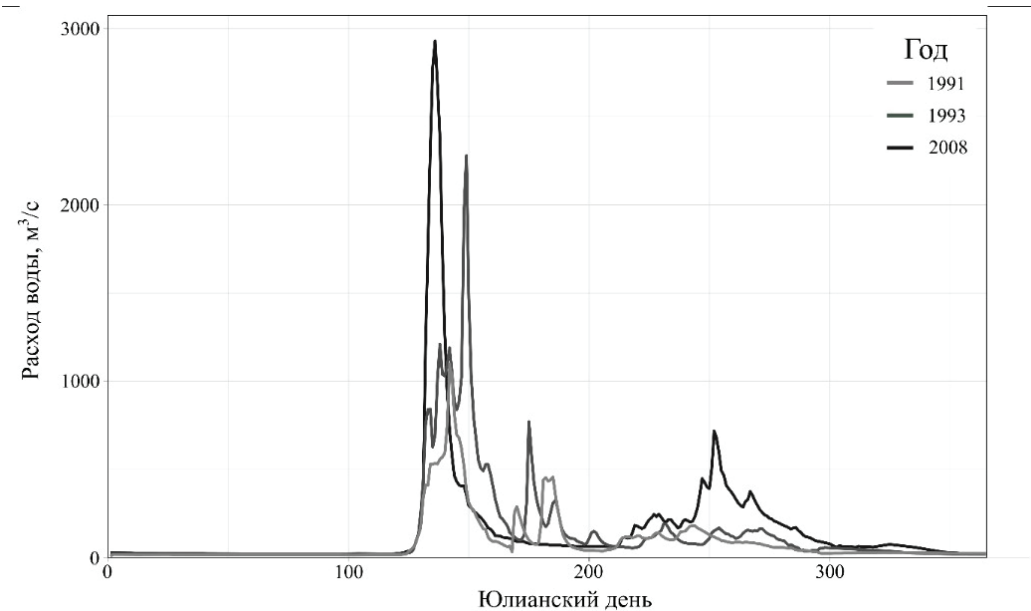


Рис. 2. Гидрографы р. Амга – г.п. Буяга, $F = 23\,900\text{ км}^2$, в годы различной водности: маловодный (1991 г.), средний по водности (1993 г.), многоводный (2008 г.)

Таблица 1 – Гидрологические посты в бассейне р. Амга

Пост	F	Тип поста	Начало наблюдений	Q	M	Y
Gauge	F	Gauge type	Observations start year	Q	M	Y
Буяга	23 900	стоковый	1932	131	5.48	173
Амга	56 800	стоковый*	1933	–	–	–
Терюль	65 400	стоковый	1937	220	3.36	106

* Данные о расходах воды по г.п. Амга доступны только с 2008 г.

F – площадь водосбора, км²; Q – норма стока (1940–2017), м³/с; M – модуль годового стока, л/с·км²; Y – слой стока, мм.

* Water discharge data at Amga gauging station are available from 2008

F – basin area, км²; Q – mean annual daily flow, 1940–2017; M – water runoff yield, L/s.km², Y – annual runoff, mm.

Русло реки в верхнем течении р. Амга врезанное, меандрирующее, с единичными разветвлениями; ниже с. Амга – адаптированное и широкопойменное, относительно прямолинейное с отдельными излучинами, опирающимися на коренные берега, либо меандрирующее, со сложными сопряженными излучинами. Село Амга расположено в левобережной части долины реки,

на первой надпойменной террасе (основная часть села) или пойменных валах, возвышающихся над поверхностью высокой поймы (относящиеся к сельскому поселению микрорайоны).

Русло реки в районе села Амга слабоизвилистое, тяготеет к правой части долины, периодически перемещаясь к ее осевой части. Пойма преимущественно левосторонняя, на ее поверхности сохраняются следы палеомеандрирования – прирусловые валы, старичные озера. В пойму Амги на территории села вложена долина р. Крестях, затапливаемая при подъеме уровней; по пойме проходит автодорога, соединяющая райцентр с другими населенными пунктами района.

Исходные данные и методы исследования

Гидрологические наблюдения в бассейне р. Амга проводятся с 1930-х гг. на трех постах в селах Верхняя Амга (г.п. Буяга), Амга (г.п. Амга) и Харбалах (г.п. Терюль) (Табл. 1). Сведения о ежедневных, среднегодовых, максимальных и минимальных уровнях и расходах воды, и датах их наступления за период с 1937 по 2007 г. принадлежат ФГБУ “Якутское УГМС”, либо получены из базы данных АНУСТ.Lena [5]. Сведения о ежедневных уровнях и расходах воды за период с 2008 по 2017 г. получены из АИС ГМВО [6]. Уровень начала затопления поймы в районе г.п. Амга равен 900 см над “0” графика, отметка опасного гидрологического явления (ОГЯ) – 925 см.

Автоматизированный сбор, хранение и обработка информации, подготовка графических материалов организованы в RStudio [7], графическом интерфейсе пользователя для языка R [8], на основе набора функций пакета ‘tidyverse’ [9]. Метеорологические характеристики весенних месяцев (среднесуточная температура воздуха, атмосферное давление) рассчитаны по данным климатического реанализа NCEP/NCAR Reanalysis [10]. Доступ к данным NCEP/NCAR и их агрегация выполнены с помощью базовых функций, входящих в пакет ‘RNCEP’ [11]: *NCEP.gather()* и *NCEP.aggregate()*. Расчет критерия серий (Вальда-Вольфовица) для проверки рядов на случайность и однородность – с помощью функции *ww.test()* пакета ‘trend’ [12]. Расчет двухвыборочного *t*-критерия Стьюдента выполняли с помощью функции *t.test()*, критерия Колмогорова-Смирнова – функции *ks.test()*, критерия Ансари-Брэдли (тест на равенство дисперсий) – функции *ansari.test()* базового пакета ‘stats’.

Авторские скрипты на основе перечисленных пакетов использовались в RStudio для автоматического скачивания и обработки полей реанализа NCEP/NCAR [10], определения значений температуры воздуха в двух узлах модели: точка T1, 62°30' с.ш., 132°30' в.д., соответствует среднему и нижнему течению р. Амга; T2, 60° с.ш., 120° в.д., соответствует верхнему течению реки. Предполагалось, что на вероятность возникновения заторов решающее влияние оказывает синоптическая обстановка периода снеготаяния: раннее потепление в верховьях бассейна (точка T2) в третьей декаде апреля, либо возврат холодов в среднем течении реки, в районе с. Амга (точка T1).

Основные результаты и их обсуждение

Водный режим р. Амга в период половодья. Весеннее половодье – основной гидрологический сезон в среднем и нижнем течении р. Амга, к нему приурочен годовой максимум уровня и расхода воды в створе г.п. Амга. В последние десятилетия годовые максимумы начали отмечаться в период летних паводков: в 2003 г. – в июле, в 2006 и 2016 гг. – в августе; до 2000 г. таких случаев не наблюдалось. Во всех трех случаях уровень был значительно, от 1.5 до 3.0 м, ниже отметки ОГЯ.

Смена сезонов в южной и центральной Якутии начинается во второй половине апреля, однако в отдельные годы устойчивый весенний переход через 0°C затягивается до второй половины мая вследствие продолжительных холодов или их резкого возврата. Несинхронное чередование оттепелей и похолоданий в верхней и средней частях водосбора определяет особенности гидрологической обстановки в период снеготаяния, вероятность возникновения опасных гидрологических явлений.

Пик весеннего половодья на средней Амге приходится на май; лишь однажды, в 1943 г., он наблюдался в последние числа апреля. В 1956 и 1987 гг., вследствие растянутого половодья

и выпадения дождей, максимальный уровень воды наблюдался в первых числах июня. Интенсивный рост расхода воды в начале среднего течения Амги (г.п. Буяга) начинается в первой декаде мая (среднее за период с 1948 по 2017 гг. – 7 мая). Полторы недели спустя, в среднем около 16 мая, уровень воды в створе г.п. Амга достигает наивысших значений. В половине случаев, 49 %, наивысший уровень половодья наблюдается во второй декаде мая, в 28 % случаев во второй декаде, и в 23 % случаев – в первой декаде. В последнее десятилетие пик половодья сместился в сторону более ранних дат: на первую декаду мая приходится 60 % годовых максимумов, максимальный уровень наблюдается в среднем 8 мая, максимальный расход – 12 мая. Разница в датах наступления максимумов расхода и уровня воды связана с заторными явлениями, которые регулярно наблюдаются в среднем и нижнем течении р. Амга.

Наводнения – гидрологические события, во время которых происходит подъем уровня воды выше отметки ОГЯ – наблюдаются в среднем раз в пять лет (Рис. 3); всего за период наблюдений случилось 19 наводнений. В 1957, 1980, 2008 и 2018 гг. максимальный уровень воды превышал критическую отметку более чем на 1 м, достигнув 1070 см, 1084 см, 1057 и 1104 см, соответственно.

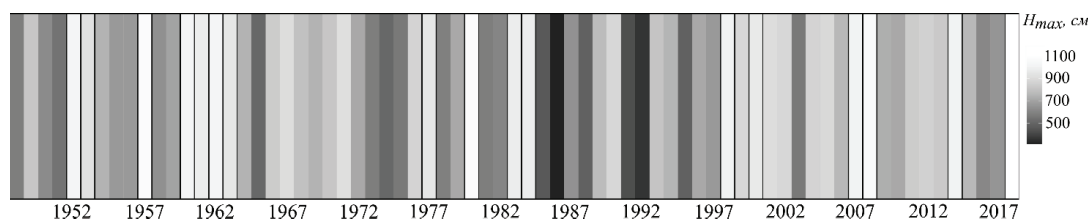


Рис. 3. Максимальный уровень воды р. Амга – с. Амга в 1948-2018 гг.

В народном нарративе катастрофическим считалось наводнение 1980 г., а также 1961 г., не самое высокое, но оставшееся в памяти (Алена Нестерова, магистрант СВФУ, проводившая опрос родственников и других жителей с. Амга, личное сообщение). Возможно, череда наводнений с 1957 по 1963 г. суммировалась в народной памяти в один год с не самым выдающимся максимальным уровнем. Теперь в этот ряд добавилось наводнение 2018 г. Другие события не оставили следа в памяти местных жителей, поскольку случились давно, либо недостаточно впечатлили их по причине отсутствия большого ущерба.

Гидрологический ряд максимальных уровней воды на средней Амге проявляет черты нестационарности: годы с наводнениями и без них группируются в серии (рис. 3). Одновыборочный критерий серий Вальда-Вольфовица z равен 1.826, $p = 0.05$, что подтверждает гипотезу «серийности».

Две основные серии лет с наводнениями: (1) конец 1950-х гг. и начало 1960-х гг.; (2) конец 1970-х гг. и начало 1980-х гг. Самая продолжительная серия – четыре наводнения подряд с 1960 по 1963 г., или семь – за период с 1952 по 1962 г. Продолжительные периоды без наводнений наблюдались с 1964 по 1976 гг. и с 1985 по 1997 гг. Средняя продолжительность серий лет без наводнений – 5 лет, медианная – 4 года, максимальная – 13 лет. В итоге, для любого года без наводнения вероятность того, что следующие три года также будут без наводнений, составляет 37 %. Соответственно, для каждого года вероятность возникновения наводнения в следующие пять лет равна – 68 %, в следующие десять лет – 83 %. Для каждого года с наводнением вероятность, что в следующем году также случится наводнение, равна 32 %. Начиная с середины 1990-х гг., наводнения не формируют продолжительных серий, распределены во времени относительно равномерно.

Природные факторы возникновения наводнений на средней Амге. Согласно формальному определению, наводнение наблюдается, когда уровень воды превышает установленную отметку ОГЯ. Максимальный уровень воды периода весеннего половодья, согласно принци-

пу аддитивности [13], можно представить в виде суммы стоковой и заторной составляющих. Генетическая значимость заторного повышения уровня воды достигает 54 % на р. Малая Северная Двина, и 76 % на р. Нижняя Тунгуска [14].

Вклад генетических составляющих в суммарный уровень воды связан с природными факторами, которые различны для каждой составляющей. Так, вклад стоковой составляющей определяется влагозапасом в снеге на день начала снеготаяния и синоптическими факторами – дружностью весны, скоростью снеготаяния в верхнем течении реки, выпадением ранних весенних дождей. Заторные наводнения – многофакторные явления, к которому приводят «...значительная увлажненность водосбора реки осенью, большая толщина ледяного покрова, интенсивное снеготаяние весной, избыточные осадки в период формирования половодья и, наконец, резкий контраст температур воздуха в месте заторообразования и верхней части речного бассейна» [15, С.74-75]. Необходимое условие – значительная скорость воды в период вскрытия, превышающая 0,6 м/с [16]. Только при этом условии отмечаются подсоны льда под кромку ледяного покрова. Важно также наличие русловой формы-«концентратора» затора. Эту роль нередко выполняют крутые излучины, где наблюдается физическая блокировка движения льда, а наибольшая глубина потока в вершине способствует формированию в этой позиции ледовой плотины значительной мощности [17–18].

Геоморфологический фактор: строение русла средней Амги. В среднем течении р. Амга русло извилистое (рис. 4), «концентраторы» заторов в нем имеют как морфоскульптурную природу – резкие изгибы адаптированного или врезанного русла, так и морфоструктурную – перекартные участки, перекрывающие большую часть русла аллювиальные массивы.

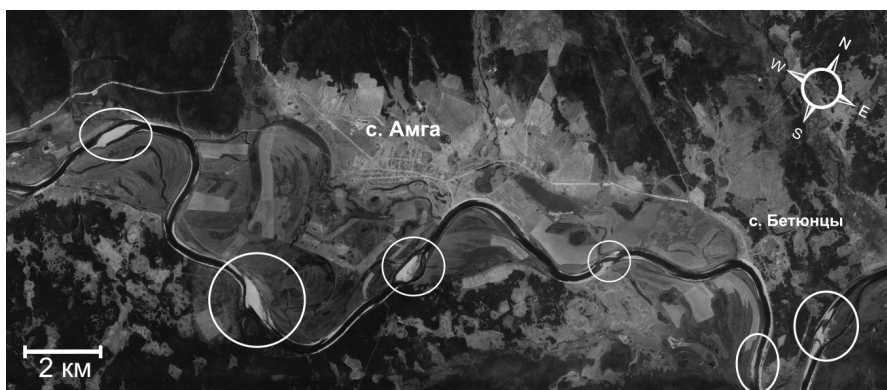


Рис. 4. Русло р. Амга в районе с. Амга с участками потенциального заторообразования (выделены белым контуром). Космический снимок Corona KH-3, 08.08.1969; направление течения реки слева направо

Положение в русле участков потенциального заторообразования почти не изменилось по сравнению с 1960-ыми гг. (см. рис. 4). Наводнение 2018 г. связано с затором, сформировавшимся в местности Урай на двух нижних по течению участках в районе с. Бетюнцы. Проводившиеся на этих участках превентивные мероприятия ожидаемо не дали никакого эффекта. По сообщениям местных жителей, затор возник в период с 7 по 8 мая, что привело к подъему уровня воды и началу затопления территории села. Были проведены взрывные работы, однако также безрезультатно. Верхняя кромка ледохода в это время располагалась в с. Амга, нижняя – в 90 км ниже по течению, а весь участок между ними был заполнен уплотненным битым льдом. Вероятно, на участке существовало сразу несколько заторов, что в итоге привело к затоплению всех населенных пунктов в зоне их воздействия.

Метеорологический фактор: погодные условия в период половодья. Высокая скорость подъема уровня воды и перемещения нижней кромки ледохода, дружность весеннего половодья, определяются погодными условиями: быстрым наступлением весны, устойчивой

положительной температурой воздуха в области максимальных снеготпасов, как правило, в верховьях рек. С другой стороны, возврат холодов в период ледохода способствует повторному смерзанию, т.н. «режеляции» ледяных полей. Совместное влияние этих факторов в итоге создаст высокую вероятность возникновения затора.

Конфигурация полей метеоэлементов и их динамика в период половодья могут служить косвенными индикаторами вероятности развития наводнений, как вследствие высокого стока половодья, так и в результате заторов. Поиск таких индикаторов основан на сравнительном анализе метеоусловий в годы с катастрофическими наводнениями и выделении сходных черт при всём возможном разнообразии (Рис. 5). Качественный обзор метеоусловий сделан для лет со значительными наводнениями в среднем течении р. Амга – 1957, 1980, 2008 и 2018 гг.

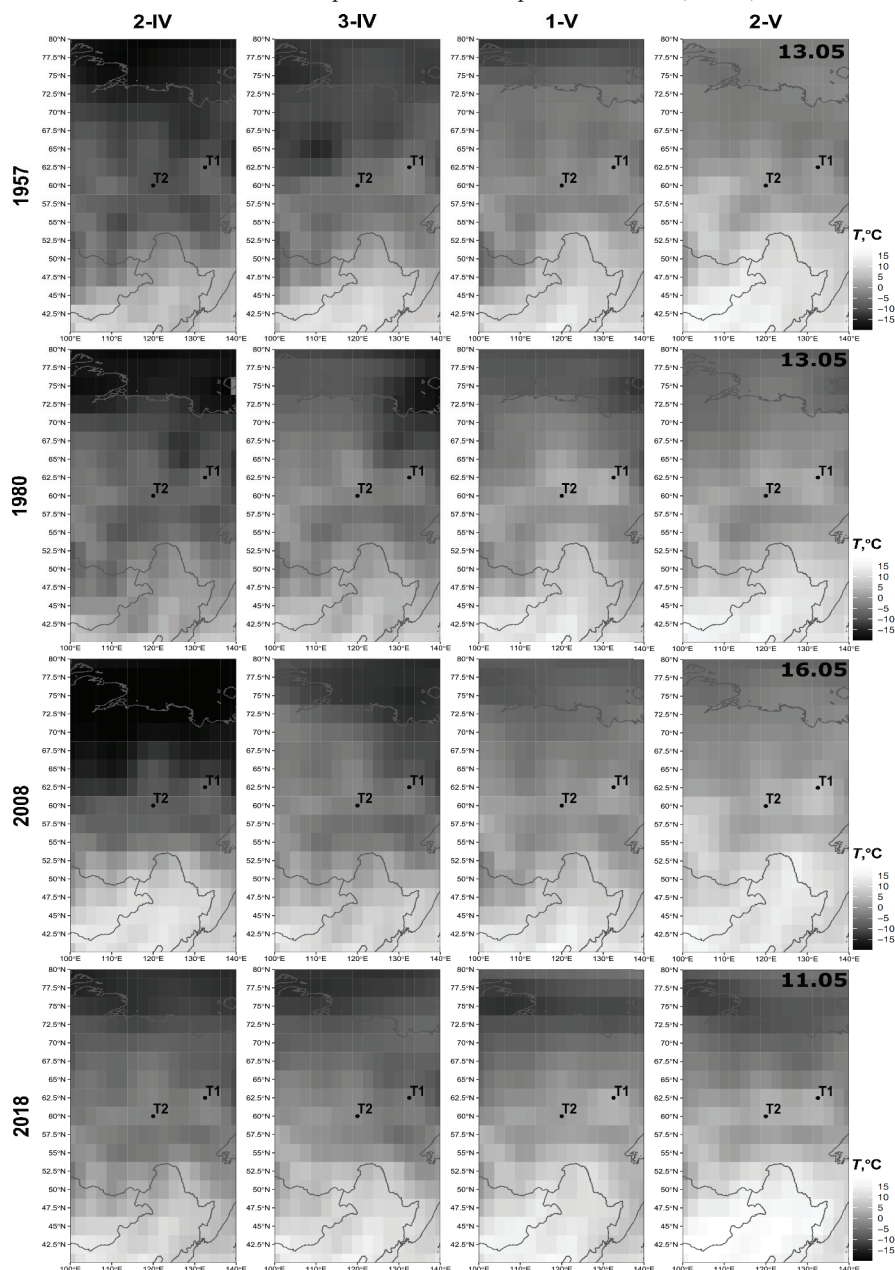


Рис. 5. Изменение среднедекадной температуры воздуха на Дальнем Востоке и Северо-Востоке РФ в весенний период в годы с катастрофическими половодьями на р. Амга

Во второй и третьей декаде апреля 1957 г. на территории Якутии держались умеренно низкие температуры воздуха, сменившиеся в начале мая проникновением теплых воздушных масс с территории Приморья и Китая на юг Якутии, включая верховья Амги. В то же время в среднем течении реки температура воздуха в первой и, особенно, во второй декаде мая оставалась существенно ниже обычно наблюдающихся значений (Табл. 2). Весенний переход температуры воздуха через 0°C случился только во второй декаде мая, которая в южной Якутии была теплее, чем в центральной. В начале мая на средней Амге начался подъем уровня воды, однако основная волна половодья в среднем течении сформировалась в результате выпадения дождей в начале мая. В верхнем течении уровень и расход воды были в пределах нормы, в с. Амга 13 мая наблюдался максимальный уровень воды, 1070 см над “0” графика поста.

Таблица 2 – Основные гидрометеорологические характеристики лет с высокими наводнениями (превышение максимального уровня воды над критическим на 1 м и более)

	Даты	T _{T1} , °C	T _{T2} , °C	ΔT, °C		Даты	T _{T1} , °C	T _{T2} , °C	ΔT, °C
1957*	11-20.04	-6.22	-9.41	3.19	2008	11-20.04	-7.28	-7.66	0.38
1070	21-30.04	-2.01	-4.60	2.59	1057	21-30.04	-4.33	-3.04	-1.29
129	1-10.05	-0.27	-1.62	1.35	141	1-10.05	2.20	0.19	2.01
50.9	11-20.05	1.09	1.28	-0.19	18.5	11-20.05	5.91	3.35	2.56
1980	11-20.04	-5.75	-6.48	0.73	2018	11-20.04	-2.68	-2.56	-0.12
1084	21-30.04	-2.93	-2.35	-0.58	1104	21-30.04	-3.69	-1.55	-2.14
н/д	1-10.05	2.40	1.37	1.03	н/д	1-10.05	3.79	1.06	2.73
13.6	11-20.05	3.04	0.61	2.43	н/д	11-20.05	3.42	3.33	0.09

* Ниже года друг под другом приведены: максимальный уровень воды, см над “0” графика поста; сумма зимних осадков (октябрь-апрель), мм; сумма дождевых осадков за май, мм.

В 1980 г. весна в южной и центральной Якутии также была прохладной, хотя и менее затяжной, чем в 1957 г. Область пониженной температуры в центральной Якутии сменилась в начале мая волной тепла, за которой последовало похолодание, особенно заметное в верховьях реки. Максимальный уровень воды в с. Амга, 1084 см, держался на протяжении двух дней, 13 и 14 мая, что говорит о крайне устойчивом заторе ниже поста.

В 2008 г. территория центральной Якутии была под действием холодных воздушных масс на протяжении всего начала весны, вплоть до второй декады мая, когда воздух резко прогрелся по всему Приамурью и югу Якутии. В результате быстрого снеготаяния расход воды на средней Амге начал увеличиваться лишь в конце первой декады мая, после чего быстро достиг пика; максимальный расход половодья лишь немного уступил историческому максимуму 1998 г., 5040 и 5290 м³/с, соответственно.

В 2018 г., напротив, середина апреля была намного теплее средних значений, в первую очередь в верховьях Амги, тогда как в среднем течении, напротив, в целом было холоднее обычного. Оттепели и раннее снеготаяние привели к тому, что уже 8 мая уровень воды превысил установленную критическую отметку; кроме того, в нескольких километрах ниже поселения возник ледовый затор. Взрывные работы не улучшили ситуации, голова затора сместилась на 90 км ниже по течению, тогда как его верхняя часть находилась в черте с. Амга. Уровень продолжал нарастать, достигнув 11 мая, на пять дней раньше нормы, отметки 1104 см над “0” графика, максимальной за период наблюдений.

Приведенный субъективный анализ не позволяет выделить какие-либо особенности, объединяющие годы с наводнениями, и тем более – отличающие их от ряда лет, в которые наводнений не случалось. Единственная общая черта, которую можно отметить – более быстрое повышение температуры воздуха в верхнем течении Амги при весеннем переходе через 0°C,

о чем свидетельствует отрицательная разница между среднедекадной температурой воздуха в верхнем и среднем течении реки (см. табл. 2).

Климатический анализ факторов возникновения наводнений. Основные наблюдаемые характеристики, с помощью которых можно характеризовать условия возникновения наводнений, включают объем воды, доступный для формирования волны половодья, синоптические условия периода прохождения ледохода, и ледовые условия. Объем волны половодья ограничен суммой осадков за октябрь-апрель P_{X-IV} , мм, составляющей влагозапас в снеге, и слоем осадков в мае, P_V , мм. Форму волны половодья определяют синоптические факторы (конфигурация поля температуры в апреле и мае, возвраты холодов, дружность весны). Ледовые условия характеризует толщина льда в исследуемом створе.

Гидрометеорологические параметры различаются незначительно в годы с наводнениями и без них, что подтверждается критериальным анализом с использованием t -критерия Стьюдента, критерия Колмогорова-Смирнова KS и критерия Вилкоксона W . Для большинства параметров уровень значимости различий p не меньше 0.3, но необходимо выделить более снежные зимы, более холодную третью декаду апреля и более высокое давление во второй декаде мая в центральной Якутии в годы с наводнениями (табл. 3).

Таблица 3 – Критерии однородности метеорологических характеристик для рядов лет с наводнениями и без них, где хотя бы один из критериев имеет $p \leq 0.1$

Характеристика	Точка	Наводнения	Среднее	t -критерий	KS	AB
Variable	Point	Floods	Mean	Student's t	KS	AB
Сумма зимних осадков P_{IV-X} , мм	м/с Дикимдя	Да	125±20	$p = 0.08$	$p = 0.01$	$p = 0.21$
		Нет	114±20			
Средняя температура воздуха в 3 декаде апреля T_{3-IV} , °C	T1	Да	-3.21	$p = 0.15$	$p = 0.02$	$p = 0.06$
		Нет	-2.35			
Количество дней с отрицательной среднесуточной температурой воздуха в 3 декаде апреля	T1	Да	8.3	$p = 0.10$	$p = 0.56$	$p = 0.97$
		Нет	7.2			
Разница среднего атмосферного давления между точками T1 и T2 во 2 декаду мая, гПа		Да	26.1	$p = 0.07$	$p = 0.23$	$p = 1.00$
		Нет	24.9			

Средний слой зимних осадков в верховьях р. Амга составляет 117±20 мм, максимальный – превышает 150 мм, минимальный – ниже 80 мм. В годы с P_{X-IV} больше 140 мм ($n = 10$), наводнение случилось лишь трижды; в то же время, в годы с наводнениями P_{X-IV} в среднем на 10 мм больше, чем в годы без наводнений (см. табл. 3).

Большинство наводнений происходит в годы с $P_{X-IV} > 120$ мм (Рис. 6). В случае меньших влагозапасов наводнения случаются лишь в годы с низкими температурами третьей декады апреля, но даже при этом подъем уровня воды чаще всего остается умеренным. Исключение составляет наводнение 1977 г., когда при $P_{X-IV} = 80$ мм и $P_V = 22$ мм снеготаяние началось лишь в первой декаде мая; быстрое потепление в верховьях сопровождалось похолоданием в среднем и нижнем течении, и вследствие заторов к 13 мая уровень достиг отметки $H_{max} = 955$ см.

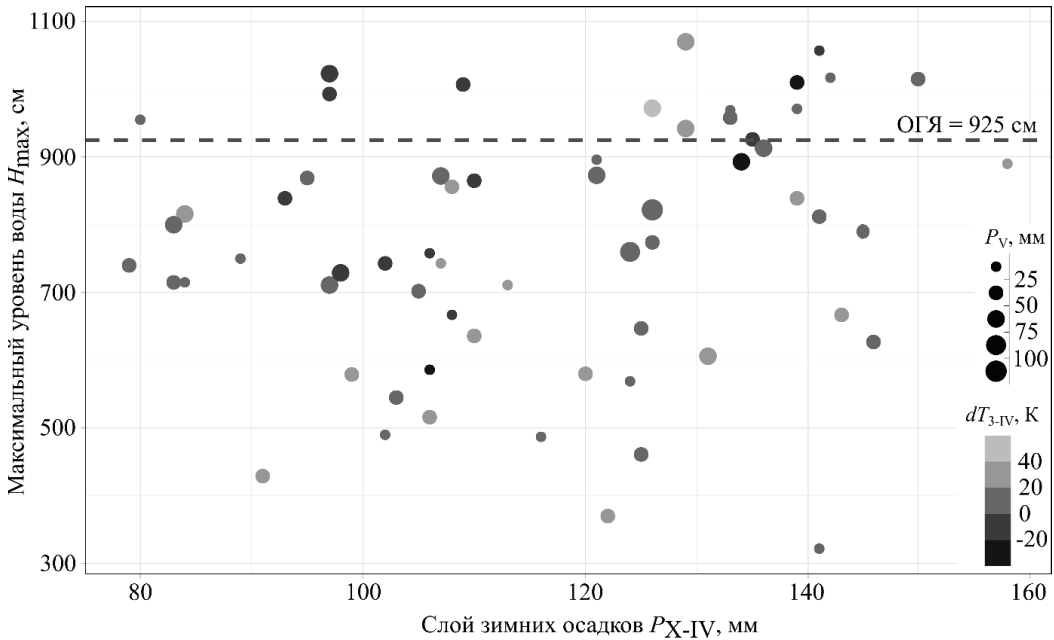


Рис. 6. Связь максимальных уровней воды в створе г.п. Амга $H_{\max}$, см над “0” графика поста, с метеорологическими переменными: суммой осадков за октябрь-апрель P_{X-IV} , мм, суммой осадков за май P_V , мм, и разницей суммы среднесуточных температур за третью декаду апреля между точками Т2 и Т1, ΔT_{3-IV} , К

Метеорологические условия, сопутствующие наводнениям в “многоснежные” годы, при $P_{X-IV} > 120$ мм, намного разнообразней. Очевидно, что при преобладании стоково-заторных и заторных наводнений прямой связи между влагозапасами в снеге и максимальными уровнями воды не существует. Точки на графике связи P_{X-IV} с максимальными уровнями воды в створе с. Амга, приведенном на рис. 6, визуальнo объединяются в две группы, разделенные интервалом 110-120 мм, в который попадают только два года ($n = 71$). Деление на “многоснежные” и “малоснежные” годы вполне может соответствовать разным погодным паттернам, с доминированием в регионе Сибирского антициклона либо охотоморских циклонов, но эта гипотеза требует отдельной проверки.

Осадки периода ледохода P_V в среднем в верхнем и среднем течении реки – второй по важности источник речного стока в половодье. При небольшом количестве весенних осадков ($P_V < 50$ мм) и теплой весне в среднем течении реки максимальный уровень воды редко превышает 700 см (см. рис. 6). С другой стороны, значительный слой дождей также необязательно приводит к неблагоприятным последствиям.

В 2013 г., при $P_{X-IV} = 126$ мм и $P_V = 106$ мм, устойчивый весенний переход через 0°C в бассейне реки случился в третьей декаде апреля. В первой декаде мая среднесуточная температура уже не опускалась ниже 4°C , подъем половодья по г.п. Буга начался 1 мая, и уже 6 мая в с. Амга наблюдался максимальный уровень воды $H_{\max} = 822$ см. При этом начало весны было теплым также и в среднем течении реки, что позволило избежать значительных заторов. Обратим внимание, что в том же 2013 г. на средней Лене наблюдались мощные заторы льда, приведшие к затоплению нескольких населенных пунктов Намского улуса (района). Возможно, что в некоторые годы вероятность наводнений на Амге и средней Лене определяется одними и теми же факторами.

Вопреки ожиданиям, толщина льда перед ледоставом не оказывает значимого влияния на значение максимального уровня воды (Рис. 7). В створе с. Амга она в среднем составляет 112 ± 23 см, и не различается статистически значимо в годы с наводнениями и без них ($p = 0.44$).

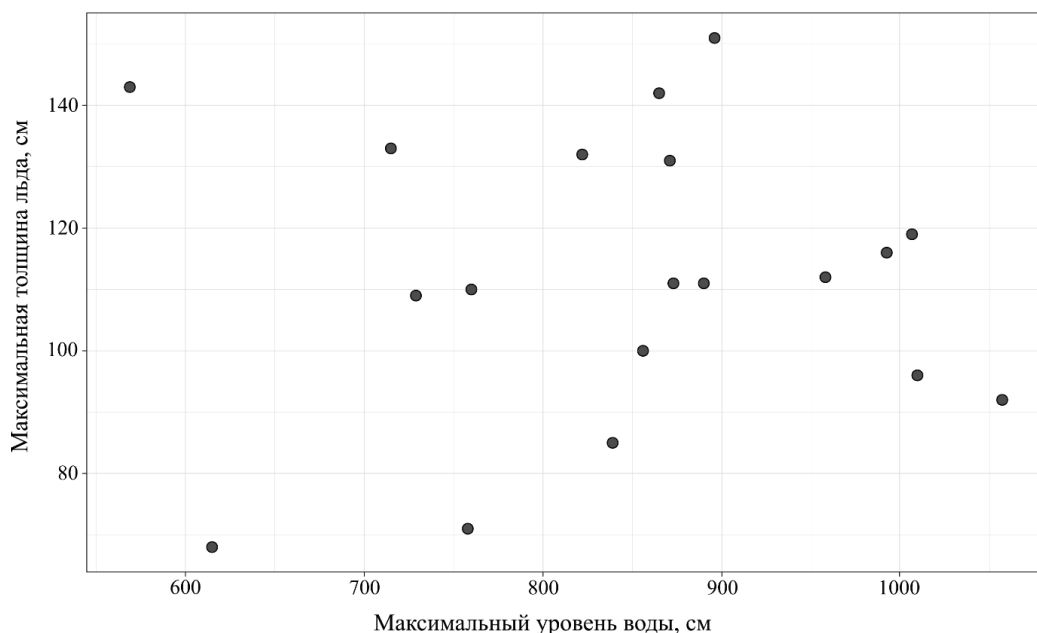


Рис. 7 Связь максимального уровня воды $H_{\max}$ и толщины льда перед ледоходом $H_{\text{л}}$, р. Амга – с. Амга, 1998-2016 гг.

Прогноз наводнений сложен из-за разнообразия ведущих факторов. Кроме того, конкретно прогноз максимального уровня периода половодья, в силу значительной неопределенности, не имеет большого практического значения. Более целесообразно в каждый год, исходя из складывающейся гидрологической и метеорологической обстановки, прогнозировать вероятность наводнения в зависимости от его типа. В этом случае значимые прогнозные признаки будут зависеть от наиболее вероятного типа наводнения.

Обеспеченность максимальных уровней воды. Высокие наводнения последних десятилетий на средней Амге периодически относятся к разряду катастрофических в сообщениях Правительства Республики Саха (Якутия) и средств массовой информации, а также в коллективном восприятии общества. К катастрофическим относят наводнения очень редкой повторяемости, раз в 100-200 лет и больше, то есть с обеспеченностью 1 % и меньше. Длина ряда наблюдений – 85 лет, следовательно, эмпирическая обеспеченность наибольших из наблюдавшихся уровней воды больше 1 %.

С этой точки зрения, существует зазор между восприятием ранее случившихся наводнений как катастрофических, и реальной гидрологической катастрофой, которая на средней Амге, по существу, еще не наблюдалась. Этот зазор – разница отметок между наблюдавшимся максимумом и уровнем обеспеченностью 1 % – определяет территорию поселения, которая исторически не затоплялась, и не считается опасной и нежелательной для застройки, но потенциально может быть затоплена во время действительно катастрофического наводнения. В этом случае ущерб от наводнения может значительно возрасти из-за априорной уверенности жителей в безопасности их места проживания, и их неготовности к катастрофическому событию.

Наводнение теоретической повторяемостью 1 раз в 100 лет превысит уровень 2018 г. почти на 0.7 м, достигнув отметки $H_{1\%} = 145.82$ м БС (1172 см над «0» графика в.п. Амга), катастрофическое наводнение повторяемостью 1 раз в 1000 лет достигнет $H_{0.1\%} = 146.69$ м БС, или 1258 см [3]. Однако, как показано в работе [3], неопределенность этих оценок велика из-за формы эмпирического распределения максимальных уровней в области малой обеспеченности.

Снизить неопределенность оценки $H_{1\%}$ и $H_{0.1\%}$ попробуем с помощью модели “peak-over-threshold”, или “модели надпороговых значений”, основанной на теореме Балкемы-де Хаана и Пикэндса [19]. В такой модели анализируется вариационный ряд, составленный из значений случайной величины, в данном случае – максимальных уровней воды, превышающих заранее заданный порог, “надпороговых”. Ищется такое распределение из семейства экстремальных, наиболее точно описывающее вариационный ряд, эмпирические квантили которого в области редкой повторяемости сходятся к квантилям функции распределения вероятности годовых максимумов [20].

Рассмотрим вариационный ряд, составленный из максимумов уровня воды, превышающих отметку ОГЯ, и определим наиболее точно описывающее его распределение. В нашем случае это распределение Гумбеля с параметрами $\mu = 979$ и $\beta = 43$; его применение дает оценки $H_{1\%} = 145.91$ м БС (1178 см), $H_{0.1\%} = 146.88$ м БС (1277 см). Вопрос, при каком сочетании природных факторов могут быть достигнуты такие уровни воды, остается открытым.

Заключение

Наводнения в среднем и нижнем течении р. Амга происходят регулярно и наносят многомиллионный ущерб поселениям этого региона. Необходимые меры повышения гидрологической безопасности должны опираться на детальное изучение водного режима реки и условия формирования максимальных уровней воды. В результате наших исследований показано:

1. По историческим данным, максимальный уровень воды наблюдается во второй декаде мая, однако в последнее десятилетие, с 2009 по 2018, более чем в половине лет он наблюдался в первой декаде мая.

2. Эмпирическая вероятность превышения отметки ОГЯ составляет 22 %, то есть наводнения на средней Амге происходят в среднем раз в пять лет. При этом годы с наводнениями и без них группируются в серии, что подтверждается критерием серий Вальда-Вольфовица ($p = 0.05$). Наиболее продолжительная серия лет с наводнениями – четыре года кряду. Для каждого года с наводнением вероятность, что в следующем году также случится наводнение, равна 32 %.

3. Наблюдались также две серии лет без наводнений продолжительностью 13 лет, с 1964 по 1976 гг., и с 1985 по 1997 гг. Средняя продолжительность серий лет без наводнений – 5 лет, медианная – 4 года. Для каждого года вероятность возникновения наводнения в следующие десять лет равна 83 %, в следующие пять лет – 68 %.

4. Строение русла р. Амга в районе с. Амга благоприятствует возникновению ледовых заторов, однако наиболее разрушительные наводнения случаются, как в 2018 г., когда на нижеразмещенном участке реки формируются сразу несколько заторов.

5. Погодные условия периода половодья могут играть определяющую роль в формировании наводнений, благоприятствуя одновременно быстрому снеготаянию в верховьях реки и формированию заторов в среднем течении. Объективный критерий оценки влияния погодных условий для каждого конкретного года – разница среднедекадной температуры воздуха между двумя точками в верхнем и среднем течении реки – может быть использован для прогноза наводнений.

6. Максимальный уровень $H_{1\%}$, определенный с использованием «модели надпороговых значений», составляет 145.91 м БС (1178 см), $H_{0.1\%} = 146.88$ м БС (1277 см). На эти отметки должны ориентироваться проекты мер снижения гидрологических рисков, в том числе градостроительное зонирование, а также оценки вероятностных ущербов для возможных наводнений.

Статья подготовлена в рамках программы Комплексных научных исследований Академии наук РС (Я) на 2020-2021 гг.

Литература

1. Государственный доклад “О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 г.”. – М.: НИИ-Природа, 2019. – 290 с.
2. Добровольский С.Г. Характеристика наводнений на территории России по природным и социально-экономическим параметрам / С.Г. Добровольский, М.Н. Истомина // Водные ресурсы. – 2009. – том 36, № 5. – С. 515–531.
3. Tananaev N., Efremova V.A., Gavrilieva T., Parfenova O. Assessment of the community vulnerability to extreme spring floods: the case of the Amga River, central Yakutia, Siberia // Hydrology Research. – 2021. – Vol. 52, No. 1. -P. 125-141.
4. Парфенова О.Т. Экономическая оценка и возмещение ущерба от наводнений на северных реках Республики Саха (Якутия): дисс. к.э.н. – Парфенова Ольга Терентьевна. – Якутск: СВФУ, 2017. – 168 с.
5. ANHYST.Lena. Arctic hydrology and statistics data or the Lena River basin. Compilative dataset on mean annual and extreme flows in the Lena River basin (compiled by Makarieva O., Tananaev N., Lebedeva L.), figshare, version 1.2 (12 August 2019). doi: 10.6084/m9.figshare.3206962.
6. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gmvo.skniivh.ru>. – (дата обращения: 14.12.2021).
7. RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R, v.1.2.5042. 2020. RStudio, Inc., Boston, MA, USA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rstudio.com/>. – (дата обращения: 14.12.2021).
8. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.R-project.org/>– (дата обращения: 14.12.2021).
9. Wickham H., Averick M., Bryan J., Chang W., McGowan L., François R., Golemund G., Hayes A., Henry L., Hester J., Kuhn M., Pedersen T.L., Miller E., Bache S.M., Müller K., Ooms J., Robinson D., Seidel D.P., Spinu V., Takahashi K., Vaughan D., Wilke C., Woo K., Yutani H. Welcome to the tidyverse // Journal of Open Source Software. – 2019. – Vol. 4(43), 1686. doi: 10.21105/joss.01686.
10. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R., Joseph D. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project // Bulletin of the American Meteorological Society. – 1996. – Vol. 77, № 3. – P. 437–471.
11. Kemp M.U., van Loon E.E., Shamoun-Baranes J., Bouten W. RNCEP: global weather and climate data at your fingertips // Methods in Ecology and Evolution. – 2012. – № 3. – P. 65-70.
12. Pohlert T. trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection. R package version 1.1.2. – 2020.
13. Самохин М.А. Генетические особенности формирования уровневого режима рек в различных регионах России: дисс. к.г.н. – Самохин Михаил Алексеевич. – М.: МГУ, 2006. – 113 с.
14. Алексеевский Н.И. Пространственно-временная изменчивость уровней воды в руслах рек / Н.И. Алексеевский, М.А. Самохин // Ученые записки РГГМУ. – 2007. – № 5. – С. 21–28.
15. Бузин В.А. Затопы и заборы на реках России. – Санкт-Петербург: ГГИ, 2016. – 240 с.
16. Опасные ледовые явления на реках и водохранилищах России / под ред. Д.В. Козлова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. -348 с.
17. Kontar Y., Eichelberger J., Gavrilieva T., Filippova V., Savvinova A., Tananaev N., Trainor S. Springtime flood risk reduction in rural Arctic: a comparative study of interior Alaska, United States and Central Yakutia, Russia // Geosciences. – 2018. – Vol. 8, 90. doi: 10.3390/geosciences8030090.
18. Zaitsev A., Belikov V., Tananaev, N. Spring ice processes on rivers of North-Eastern Russia, Seventh International Conference and Exhibition on Performance of Ships and Structures in Ice (ICETECH06), 16–19 July, Banff, Canada, p. 6.
19. Быков А.А. Статистические методы прогнозирования риска чрезвычайных ситуаций. – М.: Анкил, 2014. – 155 с.
20. Langbein W.B. Annual floods and the partial-duration flood series // Eos, Transactions AGU. – 1949. – Vol. 30(6). – P. 879–881. doi: 10.1029/TR030i006p00879.

References

1. Gosudarstvennyj doklad "O sostojanii i ispol'zovanii vodnyh resursov Rossijskoj Federacii v 2018 g.". – M.: NIA-Priroda, 2019. – 290 s.
2. Dobrovol'skij S.G. Charakteristika navodnenij na territorii Rossii po prirodnym i social'no-jekonomicheskim parametram / S.G. Dobrovol'skij, M.N. Istomina // *Vodnye resursy*. – 2009. – tom 36, № 5. – S. 515–531.
3. Tananaev N., Efremova V.A., Gavriljeva T., Parfenova O. Assessment of the community vulnerability to extreme spring floods: the case of the Amga River, central Yakutia, Siberia // *Hydrology Research*. – 2021. – Vol. 52, No. 1. – P. 125–141.
4. Parfenova O.T. Jekonomicheskaja ocenka i vozmeshhenie ushherba ot navodnenij na severnyh rekah Respubliki Saha (Jakutija): diss. k.je.n. – Parfenova Ol'ga Terent'evna. – Jakutsk: SVFU, 2017. – 168 s.
5. AHYST.Lena. Arctic hydrology and statistics data or the Lena River basin. Compilative dataset on mean annual and extreme flows in the Lena River basin (compiled by Makarieva O., Tananaev N., Lebedeva L.), figshare, version 1.2 (12 August 2019). doi: 10.6084/m9.figshare.3206962.
6. Avtomatizirovannaja informacionnaja sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnyh ob#ektov (AIS GMVO) [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://gmvo.skniivh.ru>. – (data obrashhenija: 14.12.2021).
7. RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R, v.1.2.5042. 2020. RStudio, Inc., Boston, MA, USA. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.rstudio.com/>. – (data obrashhenija: 14.12.2021).
8. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.R-project.org/> – (data obrashhenija: 14.12.2021).
9. Wickham H., Averick M., Bryan J., Chang W., McGowan L., François R., Grolemond G., Hayes A., Henry L., Hester J., Kuhn M., Pedersen T.L., Miller E., Bache S.M., Müller K., Ooms J., Robinson D., Seidel D.P., Spinu V., Takahashi K., Vaughan D., Wilke C., Woo K., Yutani H. Welcome to the tidyverse // *Journal of Open Source Software*. – 2019. – Vol. 4(43), 1686. doi: 10.21105/joss.01686.
10. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R., Joseph D. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project // *Bulletin of the American Meteorological Society*. – 1996. – Vol. 77, № 3. – R. 437–471.
11. Kemp M.U., van Loon E.E., Shamoun-Baranes J., Bouten W. RNCER: global weather and climate data at your fingertips // *Methods in Ecology and Evolution*. – 2012. – № 3. – P. 65–70.
12. Pohlert T. trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection. R package version 1.1.2. – 2020.
13. Samohin M.A. Geneticheskie osobennosti formirovanija urovnennogo rezhima rek v razlichnyh regionah Rossii: diss. k.g.n. – Samohin Mihail Alekseevich. – M.: MGU, 2006. – 113 s.
14. Alekseevskij N.I. Prostranstvenno-vremennaja izmenchivost' urovnej vody v ruslah rek / N.I. Alekseevskij, M.A. Samohin // *Uchenye zapiski RGGMU*. – 2007. – № 5. – S. 21–28.
15. Buzin V.A. Zatory i zazhory na rekah Rossii. – Sankt-Peterburg: GGI, 2016. – 240 s.
16. Opasnye ledovye javlenija na rekah i vodohranilishhah Rossii / pod red. D.V. Kozlova. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA im. K.A. Timirjazeva, 2015. – 348 s.
17. Kontar Y., Eichelberger J., Gavriljeva T., Filippova V., Savvinova A., Tananaev N., Trainor S. Springtime flood risk reduction in rural Arctic: a comparative study of interior Alaska, United States and Central Yakutia, Russia // *Geosciences*. – 2018. – Vol. 8, 90. doi: 10.3390/geosciences8030090.
18. Zaitsev A., Belikov V., Tananaev, N. Spring ice processes on rivers of North-Eastern Russia, Seventh International Conference and Exhibition on Performance of Ships and Structures in Ice (ICETECH06), 16–19 July, Banff, Canada, p. 6.
19. Bykov A.A. Statisticheskie metody prognozirovaniya riska chrezvychajnyh situacij. – M.: Ankil, 2014. – 155 s.
20. Langbein W.B. Annual floods and the partial-duration flood series // *Eos, Transactions AGU*. – 1949. – Vol. 30(6). – P. 879–881. doi: 10.1029/TR030i006p00879.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

УДК 327

DOI 10.25587/SVFU.2022.27.3.007

Н.К. Харлампьева

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
Университет Лапландии, г. Рованиemi, Финляндия

ПРОСТРАНСТВО ЗНАНИЯ ОБ АРКТИКЕ В СФЕРЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ И ГУМАНИТАРНЫХ НАУК

Аннотация. В статье представлено научное и научно-методическое обоснование применения мирополитического подхода и водно-бассейнового принципа в формировании современного пространства знания о Севере и Арктике в сфере общественных и гуманитарных наук. В качестве примера представлены разработки научной школы ААНИИ по изучению устьевых регионов Российской Арктики и кафедры мировой политики СПбГУ по актуализации природоохранной и народосберегающей тематики в условиях холодного климата.

Предлагается методология организации образовательной, научно-исследовательской и научно-методической деятельности с выявлением арктических особенностей в таких направлениях как: а) процесс принятия решений по природоохранным вопросам и участия в них гражданского общества, б) изучение истории межкультурной и социолингвистической коммуникации, в) определение роли и места историко-культурного наследия Арктики. Важность рассматриваемых направлений обоснована уточнением трех направлений управленческой деятельности: государственного администрирования, корпоративного менеджмента и общественных слушаний.

Пространством знания Арктики предлагается признать территорию водосбора бассейна Северного Ледовитого океана на основе схемы арктической устьевой гидрологии.

Современные вопросы сочетания государственного мониторинга и природоохранного законодательства Российской Федерации в водно-экологических границах одна из тем обсуждения совместных научных мероприятий СПбГУ и ААНИИ с учетом интересов населения, проживающего в условиях холодного климата.

На примере маленького ручейка Юмюлюн, берущего начало на территории муниципального образования Оргетского наслега (як. Өргүөт) Верхневилуйского района Республики Саха (Якутия) Российской Федерации дается возможность создания модели краеведческой деятельности по изучению государственного мониторинга и управления территориями водных объектов в их естественной экологической среде водосборов р. Вилуй, Ленской устьевой области, бассейна моря Лаптевых и Северного Ледовитого

ХАРЛАМПЬЕВА Надежда Климовна – к.и.н., доцент кафедры мировой политики факультета международных отношений Санкт-Петербургского государственного университета; с.н.с. Арктического и Антарктического научно-исследовательского института; обучающийся докторской программы Университета Лапландии “The Arctic in a Changing World”, исследователь группы “Northern Political Economy” Арктического центра Университета Лапландии, Финляндия. E-mail: n.kharlampieva@spbu.ru, nkhar@aari.ru, nkharlam@ulapland.fi

KHARLAMPEVA Nadezhda Klimovna – Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, World Political Study Department, School of International Relations, Saint-Petersburg State University; Senior Researcher, Arctic and Antarctic Research Institute; Student of Doctoral program “The Arctic in a Changing World”, researcher of Northern of Political Economy of the Arctic Centre, University of Lapland, Finland. E-mail: n.kharlampieva@spbu.ru, nkhar@aari.ru, nkharlam@ulapland.fi

океана с учетом региональных, федеральных и международных процессов формирования водных отношений и принятия природоохранных решений.

Ключевые слова: общественно-гуманитарные науки, Арктика, Российская Арктика, мирополитический подход, водно-бассейновый принцип, арктическая устьевая гидрология, краеведение, водные отношения, процесс принятия природоохранных решений.

N.K. Kharlampieva

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia
Arctic and Antarctic Research Institute Saint-Petersburg, Russia
University of Lapland, Rovaniemi, Finland

THE ARCTIC AREA OF KNOWLEDGE IN SOCIAL AND HUMANITARIAN SCIENCES

Abstract. The article presents a scientific and scientific-methodological justification for the application of the world political approach and the water-basin principle in the formation of the modern space of knowledge about the North and the Arctic in the sphere of social and humanitarian sciences. As an example, the developments of the AARI scientific school for the study of the Arctic mouth hydrology of the Russian Arctic and the Department of World Politics of St. Petersburg State University for updating the social and humanitarian significance of environmental and preservation of nation in the cold climate conditions issues are presented. A study methodology is proposed for the organization of educational, research and scientific and methodological activities in connection with the identification of Arctic features in: a) decision-making processes on environmental issues and the participation of civil society in them, b) studying the history of intercultural and sociolinguistic communication, c) defining the role and place of the historical and cultural heritage of the Arctic. Clarifying the three areas of management activities: public state administration, corporate management and civil society hearing are important reasons and factors of these directions. The Arctic knowledge area is building in the territory of the watershed of the Arctic Ocean basin based on the scheme of the Russian Arctic mouth hydrology.

Current issues of the combination of state monitoring and environmental legislation of the Russian Federation in the water-environmental boundaries is one of socio-ecological topic of discussion at joint scientific events of St. Petersburg State University and the AARI taking into account the interests of the population living in a cold climate. On the example of a small stream Yumyulun, originating in the territory of the municipality of Orgetsy nasleg Republic of Sakha Yakutia, Russian Federation demonstrated model of local history (*kraevedenie*) activities on study of public monitoring and water management within natural ecological environment (their human and non-human inhabitants) of the water bodies, which locating in administrative territories of watershed of the Vilyui and Lena Rivers, Laptev Sea and the Arctic Ocean basins, taking into account of regional, federal and international water relations and decision making process on environmental protection.

Keywords: social and humanities sciences, Arctic, Russian Arctic, world policy approach, water-basin principle, Arctic mouth hydrology, local history (*kraevedenie*), water relations, ecological decision making process.

Введение

Арктика в начале XXI века стала пространством сосредоточения интересов многих стран. При этом приарктические государства Дания, Исландия, Канада, США, Россия, Норвегия, Швеция и Финляндия с 1980-х гг. стали объединять усилия по изучению природной среды Арктики, с 1996 г. официально заявили о создании форума приполярных государств «Арктический Совет» с постоянными участниками шести объединений коренных народов Арктики. Тем самым закрепили научную, общественную и государственную значимость становления нового региона – Арктики. Многие государства, не имеющие прямого отношения к Арктике, обозначили стратегические направления включенности в арктические дела.

Эти процессы создали условия для разработки современных образовательных программ, научно-исследовательских проектов по арктической тематике. С 1997 г. в Санкт-Петербургском

государственном университете на кафедре мировой политики факультета международных отношений началось изучение участия субъектов Российской Федерации в вновь создаваемых международных объединениях и организациях. Арктическая тематика положила начало не только международным академическим связям, но и позволила понять сопряжение общегуманитарных тем с естественнонаучными.

Методология изучения пространства знания об Арктике в общественно-гуманитарных дисциплинах

Цели устойчивого развития XXI в. ускорили процесс уточнения оценки воздействия человека на окружающую среду и развитие на Севере и в Арктике, тем самым актуализация региональной особенности Арктики вышла на глобальный уровень междисциплинарного научного обсуждения. Реакцией на международную заинтересованность Арктикой стала разработка авторского мирополитического подхода, который помог выявить влияние основ глобальной политики на регионообразующие положения и внедрения их на практику международного сотрудничества на местах. На деле оказалось, что данный метод изучения новых явлений и процессов можно использовать в обратном порядке, используя прикладные методы анализа политической ситуации на местах в том числе. Уточнение результатов данного подхода апробировалось в рамках магистерского курса «Арктика в современной политической системе: межгосударственные отношения и методология исследования» с 2010 г. на факультете международных отношений Санкт-Петербургского государственного университета [1]. Научно-методическое пособие этого курса стала основой выявления объектов и предметов изучения общественных и гуманитарных дисциплин, касающихся права, политики, экономики, культуры и искусства относительно Арктики в целом и Российской Арктики в частности. Организация образовательной, научно-исследовательской и научно-методической деятельности сопровождалась практикой обсуждения: во-первых, особенностей процессов принятия решений по природоохранным вопросам и участия в них гражданского общества; во-вторых, раскрытия межкультурной и социолингвистической коммуникации; в-третьих, определения роли и места историко-культурного наследия Арктики.

Становится очевидным, что выявление истоков и определение состояния межрегионального, субрегионального и международного взаимодействия влияют на уточнение перспектив взаимодействия по арктическим вопросам. Изучение стратегических документов и национальных проектов касательно развития российской Арктики выстраиваются по линии трех направлений управленческой деятельности: государственного администрирования, корпоративного менеджмента и общественных слушаний. В целях достижения согласия в подобной конструкции процесса принятия решений возрождение краеведческой деятельности может оживить не только ранее изученные материалы о родном крае, но и выстраивать эти материалы в научно-эмпирическую среду аналитической работы, путем объединения всех заинтересованных лиц в выстраивании водноэкологических отношений в качестве взаимодополняющего элемента в деле обогащения пространства знания об Арктике.

Состояние применения мирополитического подхода в эмпирико-аналитической работе по арктической тематике

Достоинством мирополитического подхода является выявление актуальных проблем современности на основе принципов декларативных документов международных объединений, в том числе специализированных учреждений ООН – ЮНЕСКО, ПРООН, ЮНЕП и другие. Влияние решений этих органов в выстраивании политики региональных объединений, а также внедрения региональных положений на уровне местной практики – на уровне местного самоуправления и сообществ за последние 30 лет показала: во-первых, взаимодополняющую роль в совершенствовании норм, прав и обязательств различных субъектов права; во-вторых, стремление к достижению согласия и справедливости между различными участниками ответственности и международного взаимодействия путем улучшения знаний об окружающей среде.

При этом государственно-центричный подход сверялся с деятельностью общественных объединений в первую очередь, а затем предпринималась попытка понять роль коммерческих и общественных объединений в процессе принятия решений. Применение мирополитического подхода позволило понять процесс регионообразования в Арктике, возможности включения ее в мирохозяйственные связи. Однако, границы природоохранной составляющей Арктики оставались абстрактными, обращая внимание только на границы административно-территориальных границ, исключая взаимовлияющие факторы выявления загрязнений по водотокам. Очевидные явления оставались делом лишь государственной важности. В последние годы наметилось изменение отношение населения к своей окружающей среде, потому потребности к новым знаниям стоит восполнить из области естественных наук в повседневной жизни. Потому соотношение достижений естественнонаучных дисциплин с общественно-гуманитарными становится делом междисциплинарным, в котором представители общественных наук призваны показать некоторые пути этого решения. В этой связи в качестве примера предлагается обсудить дополнение мирополитического подхода водно-бассейновым принципом. Водосбор водных объектов (рек, речушек, озер, бухт, заливов, морей, океанов) образует естественную природную среду обитания человеку в достигаемых ему возможностях организации жизнедеятельности. Водные пути образуют отношения между людьми и природой. Потому это минимально достигаемое пространство способствует расширению пространства знания и формирует абстрактное представление возможностей и вызовов. Такой подход может стать объектом научно-методического обоснования в части касающейся повышения общественной значимости природоохранной тематики и истории местных сообществ как важных объектов создания краеведческой модели современной образовательной, научно-исследовательской и практической среды Севера и Арктики.

Пространство знания водосбора бассейна Северного Ледовитого океана

Уточнение границ международного научного сотрудничества в Арктике с помощью разработки сотрудников отдела гидрологии устьев рек и водных ресурсов Арктического и антарктического научно-исследовательского института (далее – ААНИИ) на основе водно-бассейнового принципа изучения водосбора бассейна Северного Ледовитого океана [2-3] позволили обозначить пространство общегуманитарных знаний Российской Арктики. При этом интегральное представление организации научно-исследовательской деятельности, имеющее свое подтверждение картами Атласа Арктики и Программы оценки окружающей среды Арктики (АМАП) были подкреплены физико-географической, водноресурсной, водноэкологической, гидрографической, административно-территориальной характеристиками на водосборе бассейнов морей, зон пресных вод, распространения речных вод в моря, замыкающих и пограничных гидрометрических створов на главных реках на водноресурсной (гидрографической) границе Арктической зоны Российской Федерации, в устьевых областях больших и средних рек, бассейновых водных округах по Водному кодексу Российской Федерации. Вместе с тем годы работа над указателем об изучении устьев рек российской Арктики позволили выявить основателей и последователей научной школы ААНИИ в сфере *арктической устьевой гидрологии* [4-6]. В границах водно-экологических восприятий население и народности Севера, сохраняющие и сочетающие традиционный образ жизни с организацией современной жизни на Крайнем Севере, оказались в условиях постоянной политической модернизации и экономической трансформации.

Состояние и проблемы природоохранного законодательства Российской Федерации в водно-экологических границах стали темой обсуждения на совместных научных мероприятиях СПбГУ и ААНИИ [7], обоснования пяти арктических районов по бассейновым группам: Анабарская, Приленская, Янская, Индигирская, Колымская, включенные в Стратегии социально-экономического развития Арктической зоны Республики Саха (Якутия) на период до 2035 г. [8], а также необходимости в создании единой информационной системы мониторинга окружающей среды

в Приморском крае, призванных объединить “данные надзорных органов в целях реагирования на опережения” [9]. В этой связи встает вопрос изучения основ водных отношений как объекта образовательной и просветительской природоохранной деятельности на краеведческом уровне. Рассмотрим на примере р. Юмюлюн (як.-Үмүлүүн).

Река Юмюлюн как объект и предмет изучения водных отношений.

Водные отношения как основа выявления особенностей процессов принятия решений по природоохранным вопросам и участия в них гражданского общества, а также раскрытия межкультурной и социолингвистической коммуникации, определения историко-культурного наследия Севера и Арктики даются на примере маленького ручейка Юмюлюн, берущего начало на территории муниципального образования Оргетского наслега (як. Өргүөт) Верхневилуйского района Республики Саха (Якутия) Российской Федерации. Этот маленький ручеек – условная точка отсчета на створе р. Виллой Ленской устьевой области Ленского бассейнового водного управления (водосбора моря Лаптевых Северного Ледовитого океана).

Вопросы управления водными ресурсами Арктики [10], представленные в 80-х г. на встрече гидрологов показывают важность сочетания смежных дисциплин в системе мониторинга за природной средой Арктики и управления взаимозависимыми процессами принятия решений по природоохранным вопросам с учетом планирования хозяйственной деятельности. В условиях меняющейся системы долгосрочных и краткосрочных наблюдений поверхностных водных объектов, применения системы космического наблюдения, перехода административного природоохранного управления в условиях применения цифровых технологий возрастает необходимость в формировании пространства знания об естественной природной среде. Поэтому сочетание знаний естественных и общественных дисциплин становится неотъемлемой частью экологического просвещения и краеведения. Обоснованием того, что р. Юмюлюн стала объектом изучения и исследования местной практики связана с опытом организации летней полевой практики студентов биолого-географического факультета Якутского географического университета в 80-х годах в течении 8 лет базировавшейся в с. Оргетцы (проф. К.Е. Кононов). Подобная практика имеет бесценный опыт взаимодействия исследователей и местного населения.

Изучение естественной экологической среды [11] населенного пункта Оргетцы [12] с территорией 2392,05 км², населением 517 человек, т.е. 0,22 человека на квадратный км можно освежить естественнонаучные знания о первых общедоступных данных о р. Тюнг и Быракан с мелкими речушками [13-14]. Попробовать составить словарь гидронимов, изучать этнонимы, флору и фауну, историю хозяйств и семей, изменения водных границы с соседними административно-территориальными единицами, социально-экономическую составляющую по всему водосбору реки Виллой, Лена, Лаптева моря, Северного Ледовитого океана. Так водно-бассейновый принцип поможет обосновать физико-географические характеристики пространства знания о современном Севере и Арктике с учетом изучения вопросов межкультурной и социолингвистической коммуникации, выявления историко-культурного наследия Севера и Арктики, основанной на истории поселений на берегах водных объектов – рек, озер, речушек и их водостоков. Течения р. Юмюлюн несут свои воды в р. Виллой, тем самым расширяя знания о главном водосборе водных пространств Западно-Якутской алмазной провинции, провинции золотоносного Виллюя, наивысшей точки промерзания вечной мерзлоты, Лена-Вилуйского нефтегазового и угольного бассейнов, территории лесной системы Евразии с лиственницей Гмелина, богатую историю водораздела р. Лена, моря Лаптевых, Северо-Восточного моря и Северного Ледовитого океана.

Естественная экологическая среда р. Юмюлюн, находящаяся в границах муниципального образования Оргетского наслега – часть сложной схемы процесса принятия решений на трех уровнях управления: федерального, республиканского и муниципального. Рассмотрение этих вопросов раскрывает природоохранные аспекты права и ценностей.

Процесс принятия решений в природоохранной сфере на примере муниципального образования Оргетского наслега

Федеральный уровень.

В условиях цифровизации государственных услуг и формирования электронного варианта реестров государственных земель и водных пространств, частных земельных владений и прилегающих к ним водных объектов, а также предоставления российским гражданам 1 га земли на Дальнем Востоке с 2016 г [15], в Арктической зоне Российской Федерации с 2021 г [16] депутаты муниципального образования Оргетский наслег [17] закрепили в Уставе пять норм федерального законодательства: 1) исторически сложившиеся земли населенных пунктов [18], 2) прилегающие к ним земли общего пользования, 3) территории традиционного природопользования населения сельского поселения, 4) земли рекреационного назначения [19], 5) земли для развития поселения [20].

Межпоселенческая практика.

Границы территории муниципального образования Оргетский наслег подкреплены республиканским законом об установлении границ [21] в рамках смежных вод, граничащих с 7 сельскими поселениями Туоубуинский, Быраканский, Намский, Тамалаканский, Харбалахский, Едюгейский, Кентикский, а также с Сунтарским улусом (районом) по водоразделам р. Тонгуо (Тонуо), р. Кюнгюстях (Күнгүстээх), по руслу р. Логлор. Так появляются понятия двух и трех-земельных пунктов сельских поселений. Установление границ по водным объектам – обычное явление в практике разграничения территориально-административных единиц.

Однако, во время ревизии документации земель, водных объектов и лесного хозяйства на исторически сложившихся землях сельских местностей начинаются уточнения границ охотничьих угодий [22], ведения хозяйственной деятельности [23]. Следствие принятия таких законов предполагает рост численности любителей спортивной охоты и рыбалки, а также развития частной и частно-государственной собственности на федеральных землях. Очевидно, что земля и вода как природные ресурсы растут в цене и в ценностях, с одной стороны, а процесс разграничения трансграничных вопросов может создавать условия роста конфликтных ситуаций по признанию собственности и организации природоохранных мероприятий, с другой стороны. Виртуальный процесс выбора места сезонной охоты и организации семи видов охоты – промысловая, любительская и спортивная охота; охота в целях научно-исследовательской и образовательной деятельности, охота в целях регулирования численности охотничьих ресурсов, охота в целях ведения традиционного образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности – отражен на карте общедоступных и закрепленных охотничьих угодий Геопортала пространственного планирования РФ. В условиях неустойчивой связи в отдаленных участках включенность местного населения в общественном контроле за естественной экологической средой усложняется. При этом ссылку на экологический паспорт регионов, включающий водные объекты, лесной массив, карту выбора охотничьих угодий и др. в ведомственных сайтах субъектов Российской Федерации можно считать достижением государственного администрирования, ресурсом коммерческой информации для субъектов крупного, среднего и малого бизнеса, а также ограничением доступа к основам экологической информации для общественности.

Местный уровень общественного контроля

Практика введения общественного контроля естественной экологической средой при участии местного населения является новой темой для Российской Федерации, которая призвана стать одним из индикаторов выявления степени открытости в оценке взаимодействия государства, бизнеса и общества как основы демократизационных процессов. Если обратиться к законодательству Российской Федерации, то достаточно нормативных актов, которые предусматривают включенность населения на местном уровне в процессе принятия решений. Например, современная государственная система мониторинга за окружающей средой [24] предполагает

контроль общественности за состоянием экологической ситуации и организации независимой экологической экспертизы. На местном уровне появляются субъекты локального экологического мониторинга [25]. Так, постоянный запрос об экологическом нарушении в Истринском водохранилище (Москва) позволило, например, гидрологу получить дополнительное юридическое образование для выступления в качестве эксперта в структурах судебных органов.

Результат исследования и обсуждение

Мирополитический подход, применяемый при изучении формирования пространства знания Арктики, дополненный картами Атласа Арктики и карты АМАП, историей арктической устьевой гидрологии ААНИИ дает основание полагать, что применение водно-бассейнового принципа может стать научно-методическим решением возрождения современного краеведения в Российской Федерации в условиях пространственного развития Дальнего Востока и Арктической зоны Российской Федерации с участием иностранных инвесторов [26]. Важность формирования экологических знаний на основе изучения водных объектов необходима для создания условий качественного участия местных сообществ в общественных слушаниях по природоохранной тематике. Потому на обсуждение выносятся следующие вопросы: может ли мирополитический подход в сочетании с водно-бассейновым принципом стать основой выявления пространства знания на водосборах водных объектов для изучения местной истории (краеведения)? Может ли данное пространство знания стать основой ревизии истории мониторинга за окружающей средой (например, нахождение станций наблюдения в границах муниципальных образований или устьев рек)? Достаточно ли хорошо известны на местном уровне результаты изучения окружающей среды, осуществленные ранее? Достаточно ли они используются в школьных и университетских учебниках? Может ли водно-бассейновый принцип стать поводом для изучения федерального, регионального и местного законодательства и структур процесса принятия решений? Эти и другие вопросы составят совокупность формирования основ отношений не только водопользователей, но и общего представления процесса принятия природоохранных решений на различных уровнях и различных форм собственности. При этом основные принципы лучших международных практик по водным отношениям призваны стать ориентиром научных и научно-методических исследований.

Заключение

Таким образом, водосбор бассейна Северного Ледовитого океана, став объектом закрепления границ международного научного сотрудничества, открывает новые возможности в сфере общественных и гуманитарных дисциплин, а сочетание мирополитического подхода с водно-бассейновым принципом на основе схемы научной школы арктической устьевой гидрологии ААНИИ позволяет создать модель изучения местной истории (краеведения), а также совершенствовать научно-методические обоснования по формированию знаний о водноэкологических и водных отношениях.

Литература

1. Харлампьева Н.К. Арктика в современной политической системе межгосударственных отношений и методология исследования. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2012. – 148 с.
2. Иванов В.В., Третьяков М.В. Проблемы восстановления и развития системы гидрометеорологических наблюдений в устьевых областях рек Арктической зоны как основы государственного мониторинга этих объектов // Общество. Среда. Развитие. Вып. 4. – Санкт-Петербург: ЦНИТ «Астерион», 2015. – С. 151-160.
3. Ivanov V., Tretiakov M., Kharlampieva N. The Arctic Mouth Hydrology: the History of formation and the development basis // The Arctic in a Space of Knowledge: the collection of St.Petersburg State University scientific events articles (202-2021) / Ed. by Nadezhda Kharlampieva. – St Petersburg: St Petersburg University Press, 2022. – P. 5-18.

4. Иванов В.В. Основные принципы гидролого-морфологического районирования устьевых областей рек Арктики // Факторы и принципы физико-географического районирования полярных областей Земли. – Л.: Гидрометеониздат, 1974. – С.102-120.
5. Третьяков М.В. Климатические и антропогенные изменения запасов пресных вод в устьевых областях крупных рек бассейна Карского моря// Вопросы географии. – № 145. Гидрологические изменения. – М.: Издательский дом «Кодекс», 2018. – С. 252–264.
6. Ivanov V.V., Tret'yakov M.V., Kharlampieva N.K. 2020. Arctic Hydrology: History of Shaping, Development and Prospects // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 539, Iss. 1. doi:10.1088/1755-1315/539/1/012002.
7. Иванов В.В., Харлампьева Н.К. Поверхностные водные объекты Российской Арктики в свете водного, земельного и природоохранного законодательства: состояние и проблемы // Арктика: общество, наука и право: сб. статей. – Санкт-Петербург: С.-Петерб. гос. ун-т, 2020. – С.8-18.
8. Стратегия социально-экономического развития Арктической зоны Республики Саха (Якутия) на период до 2035 г. Указ Главы Республики Саха (Якутия) № 1377 от 14 августа 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minobrnauki.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3205081>. – (дата обращения: 23.09.2022).
9. Камчатка на федеральном уровне инициирует создание системы мониторинга экологической обстановки в Авачинском заливе. Новость от 11 октября 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kamgov.ru/news/kamchatka-na-federalnom-urovne-iniciiruet-sozdanie-sistemy-monitoringa-ekologiceskoj-obstanovki-v-avachinskom-zalive-34376>. – (дата обращения: 23.09.2022).
10. Arctic Hydrology. Present and Future tasks. Hydrology of Svalbard – Hydrological problems in cold climate. Yngvar Gjessing, Jano Ove Hagen, Karin Anker Hassel, Knut Sand&Bjan Waold (Ed) // Norwegian National Committee for Hydrology, 1991. – Report no. 23. – Oslo.
11. Об охране окружающей среды. Федеральный закон № 7-ФЗ (ред. от 02.07.2021) от 10.01.2002 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ – (дата обращения: 23.09.2022).
12. Поселок Оргет муниципальный район Верхневилуйский улус Республика Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/maps/geo/poselok_orgyot/53066724/?ll=120.916502%2C63.148559&z=14. – (дата обращения: 23.09.2022).
13. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. – Т. 17. Ленско-Индигоирский район. Вып. 4. Бассейн р. Лены от устья р. Алдан до устья р. Вилюй и бассейн р. Вилюй / Шароглазова А.С. – Л.: Гидрометеониздат, 1964. – 128 с.
14. Тюнг // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / Прохоров А.М. – М.: Советская энциклопедия, 1969.
15. Об особенностях предоставления гражданам земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон № 119-ФЗ от 01.05.2016 (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_197427/. – (дата обращения: 23.09.2022).
16. Об особенностях предоставления гражданам земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон № 119-ФЗ от 01.05.2016 (с изменениями и дополнениями). Редакция с изменениями от 28 июня 2021 № 226-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420352162>. – (дата обращения: 23.09.2022).
17. Оргетский наслег Верхневилуйского (улуса) района Республики Саха (Якутия). Устав, принятый собранием наслежного Совета депутатов МО «Оргетский наслег». Протокол № 10 от 14 марта 2018 г.
18. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации. Федеральный закон № 131-ФЗ от 06 октября 2003 г.

19. Статья 45. Рекреационные зоны. Градостроительный кодекс РФ от 7 мая 1998 г. Федеральный закон № 73-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/3999213/c7f0164139c159e5c4e7786790ae469d/>. – (дата обращения: 23.09.2022).
20. Земельный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон № 136-ФЗ от 25 октября 2001 г. (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/. – (дата обращения: 23.09.2022).
21. Закон Республики Саха (Якутия) «Об установлении границ и о наделении статусом городского и сельского поселений муниципальных образований Республики Саха (Якутия)» от 30 ноября 2004 173-З № 353-III [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/802020451>. – (дата обращения: 23.09.2022).
22. Закон Республики Саха (Якутия) «Об охоте и сохранении охотничьих ресурсов» от 19 апреля 2013 г. № 1193-З № 1297 –IV. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/453127735>. – (дата обращения: 23.09.2022).
23. Лесной кодекс Российской Федерации. Федеральный закон № 200-ФЗ от 04.12.2006 (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/. – (дата обращения: 23.09.2022).
24. Водный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон № 74-ФЗ (ред. от 02.07.2021) от 03.06.2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/. – (дата обращения: 23.09.2022).
25. Об экологическом мониторинге в городе Москве. Закон г. Москвы № 65п. 4 ст. 1 от 20.10.2004. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moskva-pravo.ru/zakon/2004-10-20-n-65/>. – (дата обращения: 23.09.2022).
26. Харлампьева Н.К. Арктическая морская транспортная система: международно-политический аспект / Н.К. Харлампьева // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика и право. – 2015. – № 1. – С.82-87.

References

1. Harlamp'eva N.K. Arktika v sovremennoj politicheskoy sisteme mezhgosudarstvennyh otnoshenij i metodologija issledovaniya. – Sankt-Peterburg: SPbGU, 2012. – 148 с.
2. Ivanov V.V., Tret'jakov M.V. Problemy vosstanovleniya i razvitiya sistemy gidrometeorologicheskikh nabljudenij v ust'evykh oblastjakh rek Arkticheskoy zony kak osnovy gosudarstvennogo monitoringa jetih ob#ektov // Obshhestvo. Sreda. Razvitie. Vyp. 4. – Sankt-Peterburg: CNIT «Asterion», 2015. – S. 151-160.
3. Ivanov V., Tretiakov M., Kharlampieva N. The Arctic Mouth Hydrology: the History of formation and the development basis // The Arctic in a Space of Knowledge: the collection of St.Petersburg State University scientific events articles (202-2021) / Ed. by Nadezhda Kharlampieva. – St Petersburg: St Petersburg University Press, 2022. – P. 5-18.
4. Ivanov V.V. Osnovnye principy gidrologo-morfologicheskogo rajonirovaniya ust'evykh oblastej rek Arktiki // Faktory i principy fiziko-geograficheskogo rajonirovaniya poljarnykh oblastej Zemli. – L.: Gidrometeoizdat, 1974. – S.102-120.
5. Tret'jakov M.V. Klimaticheskie i antropogennye izmenenija zapasov presnykh vod v ust'evykh oblastjakh krupnykh rek bassejna Karskogo morja// Voprosy geografii. – № 145. Gidrologicheskie izmenenija. – M.: Izdatel'skij dom «Kodeks», 2018. – S. 252–264.
6. Ivanov V.V., Tretiakov M.V., Kharlampieva N.K. 2020. Arctic Hydrology: History of Shaping, Development and Prospects // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 539, Iss. 1. doi:10.1088/1755-1315/539/1/012002.
7. Ivanov V.V., Harlamp'eva N.K. Poverhnostnye vodnye ob#ekty Rossijskoj Arktiki v svete vodnogo, zemel'nogo i prirodohrannogo zakonodatel'stva: sostojanie i problemy // Arktika: obshhestvo, nauka i pravo: sb. statej. – Sankt-Peterburg: S.-Peterb. gos. un-t, 2020. – S.8-18.

8. Strategija social'no-jekonomicheskogo razvitija Arkticheskoy zony Respubliki Saha (Jakutija) na period do 2035 g. Ukaz Glavy Respubliki Saha (Jakutija) № 1377 ot 14 avgusta 2020 [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://minobrnauki.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3205081>. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

9. Kamchatka na federal'nom urovne iniciiruet sozdanie sistemy monitoringa jekologicheskoy obstanovki v Avachinskom zalive. Novost' ot 11 oktjabrja 2020 [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.kamgov.ru/news/kamchatka-na-federalnom-urovne-iniciiruet-sozdanie-sistemy-monitoringa-ekologicheskoy-obstanovki-v-avachinskom-zalive-34376>. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

10. Arctic Hydrology. Present and Future tasks. Hydrology of Svalbard – Hydrological problems in cold climate. Yngvar Gjessing, Jano Ove Hagen, Karin Anker Hassel, Knut Sand&Bjan Waold (Ed) // Norwegian National Committee for Hydrology, 1991. – Report no. 23. – Oslo.

11. Ob ohrane okruzhajushhej sredy. Federal'nyj zakon № 7-FZ (red. ot 02.07.2021) ot 10.01.2002 [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ – (data obrashhenija: 23.09.2022).

12. Poselok Orget municipal'nyj rajon Verhneviljujskij ulus Respublika Saha (Jakutija) [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://yandex.ru/maps/geo/poselok_orgyot/53066724/?ll=120.916502%2C63.148559&z=14. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

13. Resursy poverhnostnyh vod SSSR: Gidrologicheskaja izuchennost'. – T. 17. Lensko-Indigirskij rajon. Vyp. 4. Bassejn r. Leny ot ust'ja r. Aldan do ust'ja r. Viljuj i bassejn r. Viljuj / Sharoglazova A. S. – L.: Gidrometeoizdat, 1964. – 128 s.

14. Tjung // Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija: [v 30 t.] / Prohorov A.M. – M.: Sovetskaja jenciklopedija, 1969.

15. Ob osobennostjah predostavlenija grazhdanam zemel'nyh uchastkov, nahodjashhihsja v gosudarstvennoj ili municipal'noj sobstvennosti i raspolozhennyh na territorijah sub#ektov Rossijskoj Federacii, vhodjashhih v sostav Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga, i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii. Federal'nyj zakon № 119-FZ ot 01.05.2016 (poslednjaja redakcija) [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_197427/. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

16. Ob osobennostjah predostavlenija grazhdanam zemel'nyh uchastkov, nahodjashhihsja v gosudarstvennoj ili municipal'noj sobstvennosti i raspolozhennyh na territorijah sub#ektov Rossijskoj Federacii, vhodjashhih v sostav Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga, i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii. Federal'nyj zakon № 119-FZ ot 01.05.2016 (s izmenenijami i dopolnenijami). Redakcija s izmenenijami ot 28 ijunia 2021 № 226-F3 [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://docs.cntd.ru/document/420352162>. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

17. Orgetskij nasleg Verhneviljujskogo (ulusa) rajona Respubliki Saha (Jakutija). Ustav, prinjatyj sobranijem nasleznogo Soveta deputatov MO «Orgetskij nasleg». Protokol № 10 ot 14 marta 2018 g.

18. Ob obshhih principah organizacii mestnogo samoupravljenija v Rossijskoj Federacii. Federal'nyj zakon № 131-FZ ot 06 oktjabrja 2003 g.

19. Stat'ja 45. Rekreativnyje zony. Gradostroitel'nyj kodeks RF ot 7 maja 1998 g. Federal'nyj zakon № 73-FZ [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/3999213/c7f0164139c159e5c4e7786790ae469d/>. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

20. Zemel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii. Federal'nyj zakon № 136-FZ ot 25 oktjabrja 2001 g. (s izmenenijami i dopolnenijami) [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

21. Zakon Respubliki Saha (Jakutija) «Ob ustanovlenii granic i o nadelenii statusom gorodskogo i sel'skogo poselenij municipal'nyh obrazovanij Respubliki Saha (Jakutija)» ot 30 nojabrja 2004 173-Z № 353-III [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://docs.cntd.ru/document/802020451>. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

22. Zakon Respubliki Saha (Jakutija) «Ob ohote i sohranении ohotnich'ih resursov» ot 19 aprelja 2013 g. № 1193-Z № 1297 –IV. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://docs.cntd.ru/document/453127735>. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

23. Lesnoj kodeks Rossijskoj Federacii. Federal'nyj zakon № 200-FZ ot 04.12.2006 (red. ot 02.07.2021) (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.09.2021) [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

24. Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii. Federal'nyj zakon № 74-FZ (red. ot 02.07.2021) ot 03.06.2006 [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

25. Ob jekologicheskom monitoringe v gorode Moskve. Zakon g. Moskvyy № 65p. 4 st. 1 ot 20.10.2004. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://moskva-pravo.ru/zakon/2004-10-20-n-65/>. – (data obrashhenija: 23.09.2022).

26. Harlamp'eva N.K. Arkticheskaja morskaja transportnaja sistema: mezhdunarodno-politicheskij aspekt / N.K. Harlamp'eva // Aziatsko-Tihookeanskij region: jekonomika, politika i pravo. – 2015. – № 1. – S.82-87.

Л.С. Пахомова

СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА ОСТРОВНОЙ АРКТИКИ РОССИИ В АНТРОПНИМАХ

Аннотация. В статье рассмотрена история географических открытий и исследований на просторах Арктики в географических названиях, совершенных первооткрывателями и исследователями в разные этапы времени. На морских просторах Арктики распространено огромное множество имён отважных и преданных мореплавателей и исследователей, которые внесли свой весомый вклад не только в историю науки, но и в хозяйственное использование холодных морей, тем самым закрепив арктические территории России, территорию страны в целом. В статье анализируется распространение антропонимов островной Арктики в пределах северо-востока Российской Арктики, охватывая периоды времени с XVI по XVIII век. Антропоним (др.греч. ἄνθρωπος – человек и ὄνομα – имя) – единичное имя собственное или совокупность имён собственных, идентифицирующих человека. История географических исследований обобщена по работам И.П. Магидовича, В.И. Магидовича, А.Е. Колесова, С.Е. Мостахова, Шириной Д.С. и др. Изучение антропонимов (имен собственных) раскрыто по топонимическим исследованиям В.К. Жучкевич, С.В. Попова, Пospelова Е.М.

Цель исследования: систематизация антропонимов северо-восточных акваторий островной Арктики России.

Исследование антропонимов основано на методах историко-географического анализа, обобщение и выборка физико-географических названий объектов основано на картографическом методе.

В результате проведена краткая систематизация антропонимов по основным географическим объектам северо-восточных территорий Российской Арктики в акватории моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей, которые не претендуют на полноту представленных антропонимов.

Ключевые слова: Арктика, история географических исследований, топонимика, антропонимы, исследование, Арктическая зона, Северо-восток России, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, Чукотское море.

L.S. Pakhomova

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

HISTORY OF GEOGRAPHICAL RESEARCH OF THE NORTHEAST OF THE RUSSIAN ISLAND ARCTIC IN ANTHRONYMS

Abstract. The article considers the history of geographical discoveries and research in the vastness of the Arctic in geographical names made by discoverers and researchers at different stages of time. In the sea spaces of the Arctic, there are a huge number of names of brave and dedicated navigators and explorers who have made a significant contribution not only to the history of science, but also to the economic use of the cold seas, thereby securing the Arctic territories of Russia, the territory of the country as a whole. The article analyzes the distribution of anthronyms of the island Arctic within the north-east of the Russian Arctic, covering the time span of the 16th–18th centuries.

ПАХОМОВА Любовь Семеновна – к.п.н., доцент Эколого-географического отделения Института естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: Lsp0803@mail.ru

ПАХОМОВА Lubov Semenovna – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Geography, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: Lsp0803@mail.ru

Anthroponym (ancient Greek ἄνθρωπος ‘person’ and ὄνομα ‘name’) is a single proper name or a set of proper names that identify a person. The history of geographical research is summarized according to the works of I.P. Magidovich, V.I. Magidovich, S.E. Mostakhov, D.S. Shirina and others. The study of anthroponyms is disclosed according to the toponymic studies of V.K. Zhuchkevich, S.V. Popova, Pospelova E.M.

The purpose of the study: to systematize the anthroponyms of the northeastern waters of the Russian island Arctic. The study of anthroponyms is based on the methods of historical and geographical analysis, the generalization and selection of physical and geographical names of objects is based on the cartographic method.

As a result, a brief systematization of anthroponyms was carried out according to the main geographical objects of the northeastern territories of the Russian Arctic in the waters of the Laptev, East Siberian and Chukchi Seas, which do not claim to be completeness of the presented anthroponyms.

Keywords: Arctic, history of geographical research, toponymy, anthroponyms, research, Arctic zone, northeast of Russia, Laptev Sea, East Siberian Sea, Chukchi Sea.

Введение

Арктика этимологически происходит от греческого «ἄρκτος», «arktikos» – «северный», «arctos» – «медведь», ассоциируется с созвездием Большой Медведицы, занимает уникальное географическое положение. Это единый физико-географический район Земли, примыкающий к Северному полюсу, в состав которого входят акватории морей СЛО, многочисленные острова и архипелаги, а также прибрежные территории трёх материков – Европы, Азии и Северной Америки, вследствие чего этот регион называют ещё «полярным Средиземноморьем».

Исчерпывающими основаниями для определения границ Арктики являются несколько взаимосвязанных подходов: 1) Северный Полярный круг – 66°33'44" северной широты. 2) Дифференциация ландшафтов, зонирование, тундра, лесотундра, тайга. 3) Изотерма июля +10°; критерии Норденшельда, Визе, величина радиационного баланса. 4) Дискомфортность жизнедеятельности человека в высоких широтах: здоровье, суровые природные условия (низкие температуры, снег, мороз, полярные ночи, ветра, влажность). 5) Внутренние территориально-административные границы регионов, муниципалитетов арктических государств. 6) Этнокультурный ландшафт, права коренных народов, культурно-исторические традиции. 7) Талассократия, выход арктических государств к морскому побережью Северного ледовитого океана какой-то частью своей суши. 8) Удорожание рабочей силы, затраты на производство продукции, износ основных фондов. 9) Качество жизни населения, социальная сплочённость, накопление и использование человеческого капитала.

Арктика даже и в XXI веке остаётся для многих «Terra Incognita» – неизведанной землёй. Хотя здесь точнее говорить не о земле («терра») в прямом смысле, не о земной суше, а о большом водно-территориальном циркумполярном (вокруг Северного полюса) пространстве, значительное время в году покрытом льдом. Если Арктику ограничивать с юга Северным полярным кругом, то тогда её площадь равняется 21 млн км². Если южная граница Арктики совпадает с южной границей зоны тундры, то в этом случае её площадь составляет около 27 млн. км². При зональном делении высокоширотных территорий используются концепты: Арктика, Субарктика и Гипоарктика. По характеру растительности арктические территории делятся на зоны: лесотундру, тундровую зону и зону полярных пустынь. Тундровая зона включает подзоны южных, типичных и арктических тундр.

Восемь арктических стран занимают более 26 % территории земной суши; в них проживает 7,4 % от общей численности населения глобального социума (2012); они производят 29,2 % от ВВП мира в 77,8 триллиона американских долларов (2014) по базе данных Всемирного банка. Численность населения, постоянно проживающего севернее Полярного круга, в целом, невелика: 2,5 млн. чел. в Российской Арктике и 2,1 млн. чел. в остальных семи странах, вместе взятых (2012). В концептуально-теоретическом плане *Арктическая междисциплинарная модель* в целом включает: территорию и акваторию Арктики, природно-культурный ландшафт,

геополитическое, культурное, экономическое, социальные пространства, и, конечно же, историю открытий и развития арктического региона [4].

Объект и методы исследования: арктическая акватория северо-востока островной Российской Арктики в пределах Северного Ледовитого океана.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: определены понятия «Арктика», «Российская Арктика» «северо-восточные территории Российской Арктики; обобщены наиболее значимые в истории географических и морских исследований, вклад мореплавателей и исследователей в развитие истории географической науки в разные периоды времени (XVI–XIX вв.); частично систематизированы антропонимы распространенные на акватории северо-восточных территорий Российской Арктики в пределах Северного Ледовитого океана (XVI–XX в.в.).

Обсуждение результатов

Арктика – это очень родное для каждого русского понятие. Это почти сказочная страна, которую с огромным трудом открывали и изучали поколения наших предков. И добились в этом неоспоримых результатов, которые закреплены не только в исторических хрониках, но и в географических названиях. Эти результаты признаны мировым сообществом.

Островная Арктика простирается с запада на восток почти во всем евразийском секторе Северного Ледовитого океана в пределах арктического и субарктического климатического поясов. Физико-географическая страна состоит из архипелагов и отдельных островов. Площадь всех островов составляет около 200 тыс км². Наибольшие размеры имеют острова Новой Земли 82 тыс км².

Самый северный остров и западный остров архипелага Земля Франца-Иосифа расположен севернее 80 с.ш. В этих же широтах, но восточнее лежат острова Ушакова, Шмидта и Комсомолец. На востоке, и в пределах западного полушария, физико-географическая страна – островная Арктика заканчивается заповедными островами Врангеля и Геральда. Острова делят шельф Северного Ледовитого океана на отдельные моря, которые имеют очень важное глобальное и региональное значение в жизнедеятельности всего живого в этой части Земли: на особенности климата, как места круглогодичные и сезонные места обитания животного мира [8].

В честь первооткрывателей и исследователей названы многие географические объекты в Арктике, в том числе Российской Арктике. На высоких широтах Земли – в Арктике многими поколениями первооткрывателей и исследователей изучены природные условия, составлены карты, названы территории, проведены гидрологические и океанографические работы, которые отражают историю географических наук в северной части Российской империи, СССР и России.

В статье рассмотрена история открытий и географических исследований, совершенных первооткрывателями и исследователями, имена которых увековечены в антропонимах на карте Российской Арктики (XVI – XX вв.) на северо-восточных морях или островной части Арктики.

Ниже приведены географические названия в антропонимах, присвоенные географическим объектам северо-восточной части островной Арктики, на акватории моря Лаптевых и Восточно-Сибирского морей, омывающих берега Республики Саха и Чукотского моря до Берингова пролива.

Освоение Арктики

Карта арктических территорий притягивает внимание названием многих географических объектов: моря Баренцево и Лаптевых; архипелаги – Норденшельда, Седова, Ляховские, Анжу, Де-Лонга; острова – Земля Александры, Рудольфа, Макарова, Визе, Шмидта, Сибирякова, Диксон, Большой Бегичев, Жохова, Врангеля; проливы – Санникова, Дм. Лаптева, Берингова; заливы – Русанова, бухты Марии (Татьяны) Прончищевой, Толля; берега, земли, мысы – Прончищева, Харитона Лаптева, Бунге, Челюскина, Дежнева и др. Но карта говорит не обо всех, проложивших тяжелые тропы в Арктику, а только о некоторых, которые открыли земли и акватории, изучали и составляли карты.

Имена учёных – полярных исследователей (А.А. Бунге, В.Ю. Визе, Б.А. Вилькицкий, Г.Я. Седов, Э.В. Толль, О.Ю. Шмидт); вренные моряки и исследователи (В. Баренц, П.Ф. Анжу, Ф.П. Врангель, Д.Я. и Х.П. Лаптевы, адмирал С.О. Макаров, В.В. Прончищев, С.И. Челюскин и др. Среди них и люди, субсидировавшие полярные экспедиции (швед О.Диксон, А.М. Сибиряков, Беннетт и др.), также на карте увековечены имена землепроходцев-мореплавателей (С.И. Дежнев, Ф.А. Попов) [8].

Ими совершены открытия новых земель на территории Арктической зоны и в акватории Северного Ледовитого океана – это новые земли, территории, горы, равнины, реки, моря, острова, полуострова, проливы и заливы.

Важным прикладным разделом топонимики является картографическая топонимика. В ее задачи входит обеспечение названиями создаваемые географических карт: первичное установление названий на местности [7]. Географическая карта дает нам разнообразную информацию. Содержание карты выражается многочисленными названиями. Эти названия служат на ней не только ориентирами, но и источниками дополнительной информации. Без географических названий не может обойтись картография [2].

Арктика долгое время была белым пятном на карте мира, но в современное время она довольно подробно охвачена комплексными научными исследованиями, особенно странами, которые имеют территории в этой области Земли. Началом более подробного и детального изучения Арктики считается XVI век, связанное с открытиями и исследованиями Семена Дежнева, Виллема Баренца, Витуса Беринга, Ричарда Ченслера, Стивена Барроу, Георгия Седова, А.В. Колчака, Э.В. Толля и др. Все эти открытия зафиксированы и задокументированы, обозначены на картах.

Карта арктических территорий на суше и акватории Северного Ледовитого океана отражает исследования, плавания в антропонимах – географических названиях в честь первооткрывателей. Антропоним (др.греч. ἄνθρωπος – человек и ὄνομα – имя) – единичное имя собственное или совокупность имён собственных, идентифицирующих человека. В более широком смысле это имя любой персоны: вымышленной или реальной. Арктические акватория или островная Арктика изобилует антропонимами – собственными именами в честь первооткрывателей и исследователей, имена которых увековечены на картах Северного Ледовитого океана [7]. Имена покорителей Арктики закреплены в географических названиях (топонимах) – антропонимах Арктики, раскрывая роль этих людей в развитие и становление географической науки. В.А. Жучкевич подчеркивает важную роль топонимики для исторической обусловленности географических названий. Каждое название – своего рода исторический документ или памятник [2]. Топонимисты обычно антропонимы относят к мемориальным названиям т.е. к названиям, присвоенные по именам выдающихся исторических личностей, географов-первооткрывателей, ученых, поэтов и др. [2].

Антропонимы акватории Арктики

Море Лаптевых. Названо в честь русских морских офицеров двоюродных братьев Лаптевых – Дмитрия Яковлевича (1701-1767) и Харитона Прокопьевича (1700-1763), Восточно-Ленскому отряду Великой Северной экспедиции было поручено произвести опись и нанести на карту берега Северного Ледовитого океана от устья Лены до устья Колымы и дальше к востоку [5]. Ими описаны многие земли и участки побережий северо-восточной Сибири, открыты некоторые о-ва, которые исследовали в 1739-1741 гг. и впервые описали значительную часть восточного побережья Арктики [3]. Д. Я. Лаптев обследовал восточное побережье между рекой Лена и мысом Большой Баранов, провел съемку рек Яна, Индигирка, Хрома, Колыма, Большой Анюй и Анадырь; доставил первые сведения о Яно-Индигирской и Колымской низменностях [5].

На картах XVII века оно значилось как Татарское, Ленское, в последующем Сибирское, Ледяное, Северное, Ледовитое, море Норденшельда [3]. В 1913 году Русское географическое общество одобрило предложение известного океанолога Ю.М. Шокальского. И 1935 году постановлением ЦИК СССР было утверждено название – море Лаптевых [5].



Рис. 1. Новосибирские острова

Острова. В пределах северо-восточной части островной Арктики находятся острова (архипелаги): Новосибирские острова (о. Котельный, Фаддеевский, Земля Бунге, Анжу), о-ва Де-Лонга, Врангеля и другие.

В 1820-1824 гг. к северным берегам Сибири и по Ледовитому океану состоялась экспедиция Ф.П. Врангеля – П.Ф. Анжу. В инструкциях Адмиралтейства были определены задачи экспедиции: поиски новых земель к северу от устьев Яны и Колымы, севернее Шелагского мыса «к открытию обитаемой земли, находящейся по сказанию чукчей, в недалеком расстоянии»; опись берегов Ледовитого океана (*морья, от автора*) и вновь открытых земель; астрономические и физические наблюдения, определение широты и долготы Нижнеколымска и Нижнеянска, описать характер берегов, собрать сведения о Ледовитом океане (*морья*) и о народах [9].

Состав двух отрядов был невелик – руководитель Колымского отряда Ф.П. Врангель (впоследствии главный правитель русских владений в Северо-западной Америке, адмирал, член-учредитель Императорского Русского географического общества, директор Гидрографического департамента, морской министр, член Государственного совета). Врангель Фердинанд Петрович (1796-1870). описал побережье Сибири от р. Индигирка до Колючинской губы. Врангель первым из путешественников открыл ледяные острова и дал их точное описание. Он установил границу распространения припая в Восточно-Сибирском и западной части Чукотского морей. Выдающимся вкладом в изучение климата северо-востока России явилась организация Врангелем и Матюшкиным систематических метеорологических наблюдений в Нижнеколымске [5]. В его честь назван остров Врангеля, между Восточно-Сибирским и Чукотским морями, где находится заповедник белых медведей. Через остров, по середине проходит 180 меридиан и делит остров на восточную и западную часть и проходит линия перемены дат.

Именами мичмана Ф.Ф. Матюшкина, П.Т. Козьмина, А.Ф. Кибера названы мысы на Чаунской губе, которые были присвоены Ф.П. Врангелем [6].

П.Ф. Анжу (15.12.1796–12.10.1869) – лейтенант, руководитель Янского отряда (позже адмирал флота, действительный член Русского географического общества), штурманы И.А. Бережных, П.И. Ильин [9]. Возглавлял Усть-Янскую полярную экспедицию (1821–1823), описал почти 2000 км северные берега Сибири между рр. Оленёк и Индигирка, составил первую сравнительно точную карту, а также сделал съемку Новосибирских островов и промеры глубин моря к северу от них; первым исследовал поведение паковых и движущихся льдов в море Лаптевых, определил местонахождение Сибирской полыньи. Общая протяженность маршрутов Анжу 14 тысяч км [1].

Острова Анжу – эта центральная и наиболее крупная группа островов Новосибирского архипелага (о. Котельный, Земля Бунге, Фаддеевский, Новая Сибирь, Бельковский). Имя начальника Янской экспедиции П.Ф. Анжу появилось на картах значительно позже, после окончания экспедиции. Также в его честь назван полуостров Стрелка Анжу, озеро Анжу на севере Фаддеевского и мыс Анжу на юго-западе о. Котельный [6].

На карте присвоено мысу имя Бережных, именем доктора А.Е. Фигурина были названы остров Фигурина и банка Фигурина – небольшое поднятие на дне моря [5].

Остров Бельковский расположенный в группе островов Анжу. Бельков Николай Семенович – якутский промышленник (XVIII–XIX вв). Бельков сделал ряд геологических и географических открытий. О них известно из прошения, посланного Бельковым царю Александру I. В 1804 году, промышляя в Анабарском районе, он нашел залежи каменной соли и выходы «каменного масла» – нефти [6].

Земля Бунге, остров находится между островами Котельный и Фаддеевский. Бунге Александр Александрович (28.10.1851– 19.01.1930) врач, зоолог, исследователь Восточной Арктики, доктор медицины (1880). С 1882 по 1884 гг. участвовал в качестве врача в экспедиции РГО к устью Лены на русской метеорологической станции «Международного Полярного Года». Два года был начальником метеостанции на острове Сагастыр (дельта Лены), работавшей по программе 1-го Международного полярного года, где возглавил метеорологические наблюдения, а также вел ботанические и зоологические исследования [6].

Ляховские острова – Большой Ляховский и Малый Ляховский, южная группа в архипелаге Новосибирских островов. Назван по имени Ивана Ляхова – якутского промышленника (XVIII в), который ранее был назван о. Этерикана или Ближний. Ляхов стал иметь исключительное право промыслов на островах, названных его именем. После его смерти 1800 году право промыслов перешло промышленникам Льву и Семену Сыроватским [6].

Санникова земля, остров к северу от Новосибирских островов. Впервые о нем сообщил Я. Санников в 1811 г. Назван именем Якова Санникова (1780– нач.XIX в.), якутский мещанин, промышленник, исследователь Новосибирских островов. Во главе артели занимался промыслом рыбы и пушнины на побережье моря Лаптевых. Весной 1800 г. обнаружил в море скалистый остров, на берегу которого стояло несколько крестов – свидетельство, что он ранее посещался. Санников вторично открыл и описал о. Столбовой. Через 4 года посетил о. Котельный. В экспедиции М.М. Геденштрома, исследовавшей в 1808–1810 гг. Новосибирские острова, он пересек с юга на север о. Новую Сибирь, описал рельеф его внутренней части, выполнил астрономические определения и нанес на карту приметные высоты. С землемером П. Пшеницыным и своим сыном в 1811 г. обошел о-в Фаддеевский и выяснил, что с о.Котельный тот соединяется низменностью с песчаным перешейком, затапливаемым во время прилива. Впоследствии вост. часть о. Котельного получила название Земли Бунге; Остров Фаддеевский в середине XX в. потерял самостоятельность и стал одноименным полуостровом. С Новосибирских островов Санников неоднократно видел загадочную землю, впоследствии названную его именем. О существовании этой земли сообщил Э.В. Толль и он нанес ее на карту на основании наблюдений за миграцией птиц и животных. Позже Землю Санникова безрезультатно искал П.Ф. Анжу. Именем Санникова назван пролив между островами Малый Ляховский и Котельный и река на Новосибирских островах [1].

Острова Де-Лонга, группа островов в Восточно-Сибирском море, в составе архипелага Новосибирских островов. Находятся к северо-востоку от острова Новая Сибирь. Антропонимы островов Де-Лонга отражены в названиях острова Жаннетты, Беннетты и Генриетты, залива Лонга, которые увековечили арктическую экспедицию американцев. Кроме островов названы географические объекты на суше – Америка-Хаята, м. Мелвил и Дюнбар и др. Руководитель экспедиции Де-Лонг Джордж Вашингтон (1844–1881) американский полярный исследователь. (1844–1881), В 1879 г. возглавил экспедицию на яхте «Жаннетта», целью которой было достижение Северного полюса и отыскание экспедиции Н.А.Э. Норденшельда. К северо-востоку от о. Геральд судно вмерзло во льды. Во время дрейфа были открыты острова Жаннетты и Генриетты. После гибели яхты в июне 1881 г. ее экипаж, вынужденный дрейфовать на льдине, открыл о. Беннетта. Де-Лонг с частью спутников достиг устья Лены, где погиб от голода [1].

Названия островов Де-Лонга отражают присвоение географических имен – антропонимов на картах.

Остров Генриетты в группе о-во Де-Лонга в Восточном-Сибирском море. Здесь находится северная островная крайняя точка Якутии, Азии и Северо-Востока России (77°07' с.ш., 156°35' в.д.). Относится к территории Булунского улуса (района) РС (Я). Открыт 1 июня 1881 г. американской экспедицией Дж. Де-Лонга. Санный отряд во главе со старшим механиком Георгом Мелвиллем высадился на остров (первым увидел В. Дюнбар). Остров назван именем матери спонсора экспедиции Джеймса Гордона Генриетты Агнессы Беннетт.

Остров Жаннетты был открыт во время экспедиции 1879 –1881 гг. Пройдя Берингов пр-в, судно Де-Лонга вмерзло в лед, в надежде, что дрейфующие льды вынесут его к Северному Полюсу. Остров увидели 17 мая 1881 года, дрейфуя во льдах (первым увидел В.Дюнбар). Назвали в честь судна Де-Лонга «Жаннетта», которое носило имя сестры Дж. Беннетта. На *острове Беннетта* имеются еще два антропонима – мыс Эммы, по имени жены Де-Лонга. Через двадцать лет появился еще один антропоним – мыс Эммеины, в котором Э.В. Толль увековечил имя своей жены [6].

Остров Жохова в группе архипелага Де-Лонга. Назван в честь Жохова Алексея Николаевича (1885–1915). лейтенанта, исследователя Сев. Ледовитого океана А.Н. Жохова. Первоначально был назван именем командира «Вайгача» П.А. Новопашенного, но в 1926 г. переименован в остров Жохова [6]. Открыт в 1914 г. гидрографической экспедицией на ледоколах «Вайгач» и «Таймыр».

Дунай, небольшие острова на северо-западной части дельты р. Лены (м. Лаптевых). В архиве Академии наук в документах известного историка Арктики В.Ю. Визе имеется утверждение, что о-ва названы по имени енисейского казака, морехода Константина Степановича Дуная (отписки – донесения называют его Стефанов). В 1648 году на коче проплыл путь из Якутска до Индигирки. Он был назначен приказчиком в Нижнее Ясачное зимовье, занялся его укреплением [6].

Заливы

Геденштрома в Новосибирских островах. Геденштром Матиас (Матвей) Матвеевич (1783–1845). Известный русский путешественник, журналист, учёный, коллежский регистратор, надворный советник. Руководил экспедициями по топографированию и исследованию северного побережья Сибири. Он назвал эти острова Новая Сибирь [5].

Залив Де-Лонга на северо-западном побережье о. Джексона, разделяет его на два почти равных полуострова.

Залив Толля. Эдуард Васильевич Толль (1858–1902). Геолог, полярный исследователь. Внес существенный вклад в изучение Северного Ледовитого океана: Новосибирских островов, орографии и геологической структуры Верхоянского, Хара-Улахского, Куларского и других горных сооружений Якутии. Он был первым, установил древнее оледенение на севере Азиатского материка (Таймыр). Основоположник учения о формировании подземных льдов – учения, ставшего классическим. Погиб 2 июля 1902 года [5].

Проливы

Берингов пролив. Беринг Витус Ионассен (1681-1741) Руководитель 1-й и 2-й Камчатских экспедиций. Прошел между Чукотским п-овом и Аляской (Берингов пролив), достиг Северной Америки и открыл ряд островов Алеутской гряды [5].

Санникова пролив. Санников Яков (XIX в). Исследователь Новосибирских островов. Открыл острова Столбовой и Фаддеевский. Высказал мнение о существовании к северу от Новосибирских островов обширной земли, так называемой Земли Санникова [1].

Пролив Дауркина, на северо-восточной части Чукотского моря. Чукотский мальчик Тангитан рос и воспитывался в семье якутского подъячего Ивана Андреева сына Борисова по прозвищу Дауркин. От своего крестного он получил фамилию, имя, отчество, умение говорить по-якутски, читать и писать по-русски. Принимал участие в исследовании Медвежьих островов на чукотском море. В 1763-1764 гг. он исколесил всю Чукотку. Составлял карты, и они стали основой опубликованного Плениснером «Известия о Чукотском Носе» – долгое время единственного описания Чукотки. Н.И. Дауркин участвовал в экспедиции И.И. Биллингса, в его санном переходе [6].

Пролив Дмитрия Лаптева. Ими описаны многие земли и участки побережий северо-восточной Сибири, открыты некоторые острова. Дмитрий Яковлевич обследовал побережье между рекой Лена и мысом Большой Баранов, провел съемку рек Яна, Индигирка, Хрома, Колыма, Большой Анной и Анадырь; доставил первые сведения о Яно-Индигирской и Колымской низменностях [6].

Пролив Этерикан, между Ляховскими островами, назван в честь одного из первооткрывателей местных залежей мамонтовой кости. На основании устных преданий утверждают, что он был якут, другие считают, что ламут (эвен). Вероятнее всего он эвен, так как «этекан», «этикан» эвенское слово, означает «старик». Они говорят, что он пришел с низовьев Лены, другие – с устья Яны. Даже год посещения им островов известен, это приблизительно 1759 г. [6]

Выводы

В результате изучения истории географической науки в Арктике раскрыта краткая история и этапы географического исследования и вклад исследователей в развитие географической науки: историю науки, океанологии и океанографии, картографии и геодезии.

В результате топонимического исследования, антропонимы систематизированы через историю географических открытий и исследований, совершенных первооткрывателями и исследователями. Антропонимы обобщены по географическим объектам акватории Арктики: моря – 1, полуостровов – 6, проливов – 5, заливов – 3. Отрадно, что карте арктических морей увековечены имена местных жителей Якутии – русских промышленников, эвена и чукчи Дауркина. Данное исследование представляет неполный анализ антропонимов и имеет в дальнейшем дополнительные возможности для более глубокого изучения географии исследований в акватории Российской Арктики.

Литература

1. Арктическая энциклопедия. История исследования и освоения. – Паулсен, 2017. – 238 с.
2. Жучкевич В.А. Общая топонимика. – Минск: Вышэйшая школа, 1968. – 432 с.
3. Колесов А.Н., Мостахов С.Е. По реке Лене. – Якутск: Якутское книжное изд-во, 1985. – 176 с.
4. Лукин Ю.Ф. Арктический туризм: рейтинг регионов, возможности и угрозы / Ю.Ф. Лукин // Арктика и Север. – 2016. – № 23. – С.102-103.
5. Мостахов С.Е. Петр Федорович Анжу / История географического изучения Северо-Востока Сибири (XVII в.- начало XX в.): избранные труды. – Якутск: Издат. дом СВФУ, 2013. – С. 366-377;
6. Попов С.В. Морские имена Якутии. – Якутск, 1987. – 166 с.

7. Пospelов Е.М. Топонимический словарь: ок.1500 единиц/ Е.М. Пospelову– М. Астрель: АСТ, 2005. – С. 8.
8. Раковская Э.М., Давыдова М.И. Физическая география России. 1 часть. – М.: Владос, 2001. – 288 с.
9. Ширина Д.А. Экспедиция Ф.П. Врангеля – П.Ф. Анжу / Россия: научное исследование Арктики. XVIII-1917 г. – Новосибирск: Наука, 2001. – С. 75-91.
10. Ширина Д.А. Экспедиция А.А. Бунге и Э.В. Толля на Новосибирские острова и в Прианский край / Россия: научное исследование Арктики. XVIII-1917 г. – Новосибирск: Наука, 2001. – С.116, 121.

References

1. Arkticheskaja jenciklopedija. Istorija issledovanija i osvoenija. – Paulsen, 2017. – 238 s.
2. Zhuchkevich V.A. Obshhaja toponimika. – Minsk: Vyshhejschaja shkola, 1968. – 432 s.
3. Kolesov A.N., Mostahov S.E. Po reke Lene. – Jakutsk: Jakutskoe knizhnoe izd-vo, 1985. – 176 s.
4. Lukin Ju.F. Arkticheskij turizm: rejting regionov, vozmozhnosti i ugrozy / Ju.F. Lukin // Arktika i Sever. – 2016. – № 23. – S.102-103.
5. Mostahov S.E. Petr Fedorovich Anzhu / Istorija geograficheskogo izuchenija Severo-Vostoka Sibiri (HVII v.- nachalo XX v.): izbrannye trudy. – Jakutsk: Izdat. dom SVFU, 2013. – S. 366-377;
6. Popov S.V. Morskie imena Jakutii. – Jakutsk, 1987. – 166 s.
7. Pospelov E.M. Toponimicheskij slovar': ok.1500 edinic/ E.M. Pospelovu– М. Astrel': АСТ, 2005. – С. 8.
8. Rakovskaja Je.M., Davydova M.I. Fizicheskaja geografija Rossii. 1 chast'. – М.: Vlados, 2001. – 288 s.
9. Shirina D.A. Jekspedicija F.P. Vrangelja – P.F. Anzhu / Rossija: nauchnoe issledovanie Arktiki. XVIII-1917 g. – Novosibirsk: Nauka, 2001. – S. 75-91.
10. Shirina D.A. Jekspedicija A.A. Bunge i Je.V. Tollja na Novosibirskie ostrova i v Prijanskij kraj / Rossija: nauchnoe issledovanie Arktiki. XVIII-1917 g. – Novosibirsk: Nauka, 2001. – S.116, 121.

ТРЕБОВАНИЯ, К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПУБЛИКУЕМЫХ В НАУЧНОМ РЕЦЕНЗИРУЕМОМ ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК СВФУ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА»

К публикации принимаются научные статьи от авторов из всех регионов России:

- преподавателей вузов,
- докторантов,
- аспирантов,
- магистрантов,
- а также других лиц, занимающихся научными исследованиями.

Требования к содержанию статей

Научные направления:

В серию «Науки о Земле», электронной версии журнала «Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова», принимаются статьи, соответствующие Номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются научные степени:

25.00.00	НАУКИ О ЗЕМЛЕ	
25.00.11	Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения	Геолого-минералогические Технические
25.00.14	Технология и техника геологоразведочных работ	Технические
25.00.23	Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов	Географические Геолого-минералогические
25.00.24	Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география	Географические
25.00.36	Геоэкология (по отраслям)	Геолого-минералогические Географические Технические

УДК проставляется в научной библиотеке.

Аннотация: Композиционно построена по принципу IRMAD (Introduction, Methods, Results and Discussion): Актуальность, цели и задачи исследования. Как проводилось исследование, какие методы использовались. Основные выводы, результаты исследования; каковы перспективы исследования, направления дальнейшей работы. Объем аннотации не менее 100 слов. Разделы «Хроника» и «Юбилей» предоставляются без аннотаций.

Ключевые слова: не менее 10 слов/словосочетаний, они должны быть лаконичными, отражать содержание и специфику рукописи.

Структура статьи:

Введение – постановка рассматриваемого вопроса, краткий обзор научной литературы по теме (ссылки на источники), критика недостатков и преимущества предлагаемого подхода. Обязательна четкая постановка цели работы.

Основная часть работы должна быть озаглавлена, исходя из содержания, разбита на разделы. Разделы должны иметь содержательные названия. Введение, разделы и заключение не номеруются.

Заключение – приводятся основные выводы по содержательной части работы. Следует избегать простого перечисления предоставленного в статье материала.

Литература приводится под заголовком «Литература». Дополнительно дублируется латиницей по системе Библиотеки Конгресса США (LC), сайт для транслитерации: <http://translit.ru>. Все источники перечисляются по порядку упоминания ссылок в тексте. Для периодических изданий необходимо указать фамилию автора, инициалы, название статьи, название журнала, год издания, том, номер или выпуск, начальную и конечную страницу работы.

Сведения об авторе(-ах) на русском и английском языках даются на отдельной странице:

Ф.И.О. полностью, ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), место работы, должность, почтовый адрес с ИНДЕКСОМ (для пересылки авторского экземпляра иногородним), e-mail, контактный тел. (для мобильной связи с редакцией);

Объем статьи: включая иллюстративный материал и «Литературу», до 24 страниц, хроника и юбилей 1-2 страницы.

Требования к техническому оформлению

- Редактор MS Word, формат А-4, ориентация – книжная, поля – верхн. 2,0 см; нижн. 3,0 см; левое и правое 2,5 см; абзацный отступ – 1,25 см; интервал – полуторный; кегль основного текста – 14, кегль аннотации – 12, шрифт - Times New Roman.

- Сокращения – только общепринятые (и в тексте и таблицах). Все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом их употреблении в тексте. Все таблицы должны иметь заголовки и сквозную нумерацию в пределах статьи, обозначаемую арабскими цифрами (например, таблица 1), в тексте ссылки нужно писать сокращенно (табл. 1). Текст таблицы должен быть напечатан через два интервала. В работах биологического цикла в заголовке и в тексте таблицы даются только латинские названия видов, родов и семейств. Комментарий к таблице должен быть размещен непосредственно под таблицей.

- Формулы должны иметь сквозную нумерацию. Номер пишется в конце строки арабскими цифрами в круглых скобках. Между формулами, выделенными в отдельную строку, и текстом, а также между строками формул следует оставлять пробелы не менее 1,5-2 см.

- Иллюстративный материал (графики, карты, схемы, фотографии) именуются рисунком, имеет сквозную порядковую нумерацию арабскими цифрами и пишется сокращенно (например, рис. 1). Допускаются цветные изображения (графики, диаграммы). Размер рисунка – не менее 40х50 мм и не более 120х170 мм. К рисунку прилагается подрисовочный текст, в который содержит указания размерности приведенных на рисунке величин.

- Ссылки в тексте пишутся в виде номера арабской цифрой, взятой в квадратную скобку.

Предоставление статей в редакцию

Сначала предоставляется электронный вариант статьи (рисунки в формате tiff с разрешением не менее 300 dpi) по электронной почте: **vestnik_geo@mail.ru**.

После устранения всех замечаний в редакцию направляется печатный вариант статьи в двух экземплярах. 2-й печатный экземпляр – без указания имени автора (для слепого рецензирования). Адрес редакции: 677027, г. Якутск, ул. Кулаковского, 42, ГУК, кааб. 401,

Если автор – аспирант, или магистрант, то необходим отзыв руководителя.

При положительной рецензии рукописи публикуются в порядке их поступления в течении 3-6 месяцев.

Окончательное решение о публикации статьи принимает редколлегия.

Плата за публикацию рукописей не взимается.

Статьи, присланные без соблюдения изложенных выше требований, не подлежат рассмотрению.

**Вестник Северо-Восточного федерального университета
им. М.К. Аммосова. Vestnik of North – Eastern Federal University.
Серия "Науки о Земле. Earth Sciences"**

Сетевое научное периодическое издание

3(27) 2022

Технический редактор *А.Н. Егорова*
Компьютерная верстка *Л.М. Винокурова*
Оформление обложки *П.И. Антипин*
Подписано в печать 30.09.2022. Формат 70х108/16.
Дата выхода в свет 30.09.2022.