

В-53014

Н.П. Анисимова, Н.А. Павлова

Гидрогеохимические исследования криолитозоны Центральной Якутии



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ им. П.И. МЕЛЬНИКОВА

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH
MELNIKOV PERMAFROST INSTITUTE

N.P. ANISIMOVA, N.A. PAVLOVA

HYDROGEOCHEMICAL STUDIES OF PERMAFROST IN CENTRAL YAKUTIA

Edited by
Professor V.V. Shepelev



NOVOSIBIRSK
ACADEMIC PUBLISHING HOUSE "GEO"
2014

B-53014

Н.П. АНИСИМОВА, Н.А. ПАВЛОВА

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Ответственный редактор
д-р геол.-мин. наук, профессор В.В. Шепелёв



НОВОСИБИРСК
АКАДЕМИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО "ГЕО"
2014

557.34+556.3

УДК 551.34:556.3

ББК 26.35:36

А674

Анисимова, Н.П. Гидрогеохимические исследования криолитозоны Центральной Якутии / Н.П. Анисимова, Н.А. Павлова ; отв. ред. В.В. Шепелёв ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т мерзлотоведения им. П.И. Мельникова. – Новосибирск : Академическое изд-во "Гео", 2014. – 189 с. – ISBN 978-5-906284-56-3 (в пер.).

Монография является обобщением многолетних теоретических, лабораторных и полевых исследований химического состава подземных вод, включая криопэги, и мерзлых отложений в специфических условиях криолитозоны Центральной Якутии. На основе анализа материалов исследований решен ряд научных и практических задач, разработана методика отбора проб воды, льда и ледяных отложений для химических анализов. На конкретных примерах рассматривается возможность использования полученных результатов при проведении инженерно-геологических изысканий, геокриологических и гидрогеологических исследований в области распространения многолетнемерзлых пород.

Книга предназначена для гидрогеологов, геокриологов, гидрологов, мелиораторов, экологов и других специалистов, работающих в области распространения многолетнемерзлых пород, а также может быть рекомендована в качестве учебного пособия для студентов геолого-географического профиля.

This monograph summarizes many years of theoretical, laboratory and field studies on the chemistry of groundwater, including cryopegs, and frozen sediments in the permafrost zone of Central Yakutia. Based on analysis of the research findings, it offers solutions to a number of scientific and applied problems; it also presents water, ice and icy-sediment sampling methods for chemical analyses. Several case studies are provided to show how these findings can be used in engineering site investigations, as well as in geocryological and hydrogeological studies in permafrost regions.

The book is intended for hydrogeologists, geocryologists, hydrologists, reclamation experts, ecologists and other specialists working in permafrost regions, as well as a textbook for students studying geology and geography.

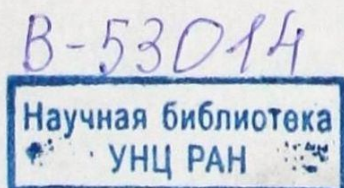
Рецензенты:

д-р геол.-мин. наук, профессор *В.Н. Макаров*,

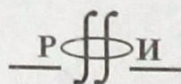
д-р геогр. наук *М.Н. Григорьев*,

д-р техн. наук *А.В. Степанов*

*Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований по проекту № 14-05-07024,
не подлежит продаже*



ISBN 978-5-906284-56-3



- © Анисимова Н.П., Павлова Н.А., 2014
- © Ин-т мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2014
- © Оформление. Академическое изд-во "Гео", 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. РОЛЬ КРИОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД КРИОЛИТОЗОНЫ В ПРОЦЕССЕ ПРОМЕРЗАНИЯ ВОДОНОСНЫХ ПОРОД . . .	8
1.1. Физико-химические процессы в промерзающих водонасыщенных породах	9
1.2. Содержание кремнекислоты, фтора, биогенных и органических веществ в подземных водах криолитозоны	13
Глава 2. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ОЗЕР, ПОДОЗЕРНЫХ ТАЛИКОВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	26
2.1. Исследования химического состава воды озер и донных отложений Центральной Якутии	27
2.2. Химический состав иловых растворов озерных осадков как палеогидрологический показатель	43
Глава 3. ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАДМЕРЗЛОТНЫХ ВОД СЕЗОННОТАЛОГО СЛОЯ И ТАЛИКОВЫХ ВОД	52
3.1. Криогенные факторы формирования химического состава надмерзлотных вод сезонноталого слоя	53
3.2. Особенности формирования химического состава подземных межмерзлотных вод на участках их субэвральная разгрузки	59
3.3. Химический состав подземных вод подрусовых, подозерных и других видов таликов в долине среднего течения р. Лены	78
Глава 4. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КРИОПЭГОВ	90
4.1. Естественные условия и техногенные факторы формирования криопэгов	93
4.2. Изучение режима и динамики техногенных криопэгов на территории г. Якутска	105
4.3. Температурный режим пород на участках распространения криопэгов	117
4.4. Изменения мерзлотно-гидрогеохимических условий на освоенных площадях	121

Глава 5. ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕРЗЛЫХ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	125
5.1. Влияние условий промерзания на формирование засоленности мерзлых аллювиальных отложений	126
5.2. Изменение содержания водорастворимых веществ в многолетнемерзлых рыхлых отложениях.	131
Глава 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИОГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В ПРИКЛАДНЫХ ЦЕЛЯХ	142
6.1. О возможности использования процесса наледеобразования для улучшения качества воды	143
6.2. Воссоздание состава и минерализации воды наледеобразующего источника по данным гидрохимического опробования льда	146
6.3. Улучшение питьевых качеств озерных вод.	147
Глава 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ КРИОГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	149
7.1. Ошибки, возможные при гидрохимическом опробовании подземных вод криолитозоны	—
7.2. Особенности гидрохимических исследований подземных льдов	152
7.3. Специфика отбора проб мерзлых пород для химического анализа	154
7.4. Особенности проведения режимных гидрогеохимических наблюдений на площадях развития криопэгов	155
7.5. Применение гидрогеохимического метода для прогноза мест формирования криопэгов.	157
7.6. Классификация природных вод по химическому составу и оформление данных анализа	163
Заключение	171
Литература	173

CONTENTS

Introduction	5
Chapter 1. CRYOGENIC FACTORS CONTROLLING GROUNDWATER CHEMISTRY IN PERMAFROST ZONE DURING FREEZING OF WATER-BEARING MATERIALS	8
1.1. Physicochemical processes in freezing water-saturated rocks	9
1.2. Silica, fluorine, and biogenic- and organic-matter contents of groundwater in permafrost zone	13
Chapter 2. CONTROLS ON CHEMISTRY OF LAKE WATER, TALIKS, AND BOTOOM SEDIMENTS.	26
2.1. Chemical investigations of lake water and sediments in Central Yakutia	27
2.2. Chemical composition of mud solutions in lake sediments as a paleohydrologic indicator.	43
Chapter 3. CONTROLS ON CHEMISTRY OF ACTIVE-LAYER SUPRAPERMAFROST WATER AND TALIK WATER.	52
3.1. Cryogenic factors controlling the chemistry of active-layer suprapermafrost water	53
3.2. Controls on chemistry of intrapermafrost water in subaerial discharge areas.	59
3.3. Chemical composition of groundwater in river, lake, and other types of taliks in the middle Lena valley	78
Chapter 4. FORMATION OF CRYOPEGS	90
4.1. Natural conditions and anthropogenic factors for cryopeg formation	93
4.2. Investigations of the regime and dynamics of anthropogenic cryopegs in the Yakutsk area	105
4.3. Ground temperature regime in cryopegs areas	117
4.4. Changes in permafrost hydrogeochemistry in built-up areas	121
Chapter 5. CONTROLS ON CHEMISTRY OF FROZEN LOOSE DEPOSITS	125
5.1. Effect of the freezing process on salinity of frozen alluvial deposits.	126
5.2. Changes in solute concentrations in permafrost deposits.	131

Chapter 6. PRACTICAL APPLICATIONS OF CRYOHYDROGEOCHEMICAL RELATIONSHIPS	142
6.1. The potential use of the icing process for improving water quality	143
6.2. Reconstruction of the water composition and mineralization of an icing-forming spring from hydrochemical analysis of ice samples	146
6.3. Improvement of the drinking quality of lake water	147
Chapter 7. METHODOLOGICAL ISSUES IN CRYOHYDROGEOCHEMICAL RESEARCH	149
7.1. Potential sources of error in groundwater sampling in permafrost zone	—
7.2. Hydrochemical investigation of ground ice	152
7.3. Frozen soil sampling for chemical analysis	154
7.4. Hydrogeochemical monitoring in cryopeg areas	155
7.5. Application of the hydrogeochemical method for predicting cryopeg development	157
7.6. Chemical classification of natural water and presentation of analysis data	163
Conclusions	171
References	173

Научное издание

Н.П. Анисимова, Н.А. Павлова

**ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
КРИОЛИТОЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ**

*Утверждено к печати Ученым советом Института мерзлотоведения
им. П.И. Мельникова СО РАН*

Редактор О.А. Кислова
Корректор Н.А. Митарновская
Художественный редактор Н.Ф. Суранова
Дизайн обложки Л.Н. Ким
Компьютерная верстка Н.М. Райзвих

Подписано в печать 20.09.2014. Формат 70×100 ¹/₁₆. Гарнитура SchoolBookC.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,5. Уч.-изд. л. 13,0.
Тираж 250 экз. (РФФИ), 250 экз. (ИМЗ СО РАН). Заказ № 8.10/14-047

ООО "Академическое издательство "Гео"
630055, Новосибирск, ул. Мусы Джалиля, 3/1; <http://www.izdatgeo.ru>
Отпечатано в типографии ООО "Печатный дом-Новосибирск"
630084, Новосибирск, ул. Лазарева, 33/1; тел.: (383) 271-01-30

УФНЦ

№ 20



Анисимова Нина Петровна

(21.01.1921–16.06.2011) – доктор геолого-минералогических наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации и Республики Саха (Якутия). В течение многих лет возглавляла лабораторию подземных вод криолитозоны Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. Научный стаж – 65 лет. Фундаментальным результатом исследований является разработка нового направления в мерзлотоведении – криогидрогеохимии. Автор и соавтор более 200 научных работ.

Павлова Надежда Анатольевна

– кандидат геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией подземных вод криолитозоны Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. Основное направление исследований – изучение условий формирования и режима надмерзлотных вод в естественных и нарушенных криогенных ландшафтах. Автор и соавтор около 50 научных публикаций.



Хей

Зи