

DOI: 10.21209/2227-9245  
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7

ISSN 2227-9245  
eISSN 2500-1728

# ВЕСТНИК

ЗАБАЙКАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО

УНИВЕРСИТЕТА 2019

Том 25. № 7

TRANSBAIKAL STATE UNIVERSITY JOURNAL

Bulletin of ZabGU

Чита  
Забайкальский государственный университет  
2019

**Основан  
в 1995 г.**

Учредитель и издатель: **ФГБОУ ВО  
«Забайкальский государственный  
университет»**

Юридический адрес: 672039,  
Забайкальский край, г. Чита,  
ул. Александрово-Заводская, 30

Адрес редакции: 672039, г. Чита,  
ул. Александрово-Заводская, 30, каб. 320  
редакция журнала «Вестник ЗабГУ»

Тел.: +7 (3022) 21-88-73  
E-mail: rik-romanova-chita@mail.ru  
Web-сайт: <http://zabvestnik.com>

Журнал зарегистрирован Федеральной  
службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых  
коммуникаций (Роскомнадзор).  
Свидетельство о регистрации СМИ  
ПИ № ФС 77-71265 от 17.10.2017 г.

Периодичность издания: 10 номеров в год  
Журнал «Вестник Забайкальского государ-  
ственного университета» до № 8 (87) 2012 г.  
выходил под названием «Вестник Читинского  
государственного университета»

Журнал «Вестник Забайкальского государ-  
ственного университета» имеет отдельно  
издаваемое приложение – журнал «Аспи-  
рант» (ISSN 2074-9155), периодичность  
издания: 2 журнала в год

**Журнал рекомендован ВАК РФ для пу-  
бликации результатов исследований  
на соискание ученой степени канди-  
дата и доктора наук**

Научные направления журнала:

- науки о Земле;
- политология;
- экономические науки

Журнал включен в:

- систему Российского индекса научного  
цитирования (РИНЦ);
- базу данных ВИНТИ РАН;
- НЭБ «Киберленинка»;
- каталог периодических изданий Ulrich's  
Periodicals Directory

Подписку на журнал «Вестник ЗабГУ» мож-  
но оформить в любом почтовом отделении.  
Подписной индекс по федеральному почто-  
вому Объединенному каталогу «Пресса  
России» и интернет-каталогу «Российская  
периодика» – [www.aipk.org](http://www.aipk.org): 82102.  
Подписка осуществляется и через редак-  
цию. Цена свободная.

Все материалы, опубликованные в научном  
журнале «Вестник ЗабГУ», являются автор-  
скими и защищены авторскими правами.  
Перевод материалов и их переиздание в  
любой форме, включая электронную, воз-  
можны только с письменного разрешения  
редакционной коллегии.

Авторы несут полную ответственность за  
подбор и изложение фактов, содержащихся  
в статьях, высказываемые взгляды могут не  
отражать точку зрения редакции

Фотографии предоставлены авторами и  
опубликованы с их согласия

### Редакционная коллегия

**Главный редактор** – Романова Н. П., д-р социол. наук, профессор;  
**Ответственный секретарь** – Пешкова Н. Г.;  
**Редактор перевода** – Каплина С. Е., д-р пед. наук, профессор;  
**Литературный редактор** – Большешапова С. А.;  
**Технический редактор** – Петрова И. В., канд. социол. наук

### Редакционный совет

**Председатель редакционного совета:** С. А. Иванов, д-р техн. наук, профессор, ректор Забай-  
кальского государственного университета;

**Зам. председателя редакционного совета:** А. Н. Хатькова, д-р техн. наук, профессор, проректор  
по научной и инновационной работе Забайкальского государственного университета

### Члены редакционного совета

#### Науки о Земле

**25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения** – И. В. Быч-  
ков, д-р техн. наук, профессор, академик РАН (Иркутск); А. А. Кирдяшкин, д-р геол.-минер. наук, (Ново-  
сибирск); В. Н. Опарин, д-р физ.-мат. наук, профессор, член-корр. РАН (Новосибирск); Ю. В. Павленко,  
д-р геол.-минер. наук (Чита); Г. В. Секисов, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,  
член-корр. НАН КР (Хабаровск); С. М. Синица, д-р геол.-минер. наук, профессор (Чита); Г. А. Юргенсон,  
д-р геол.-минер. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ (Чита); Д. М. Шестернев, д-р техн. наук,  
профессор (Якутск);

**25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых** – В. Р. Алексеев, д-р геогр. наук, профессор, член-  
корр. Академии водного хозяйства, почетный член Русского географического общества (Якутск); А. Г. Кир-  
дяшкин, д-р техн. наук, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ (Новосибирск);  
А. Г. Секисов, д-р техн. наук, профессор, ИГД СО РАН (Хабаровск); В. П. Мязин, д-р техн. наук, Заслуженный  
профессор ЗабГУ (Чита); В. Я. Потапов, д-р техн. наук, профессор кафедры горной механики (Екатеринбург);  
А. Н. Хатькова, д-р техн. наук, профессор (Чита)

**25.00.36 – Геоэкология (по отраслям)** – В. Н. Заслоновский, д-р техн. наук (Чита); В. Н. Макаров, д-р  
геол.-минер. наук, профессор (Якутск); А. Н. Новиков, д-р геогр. наук, доцент (Чита); Л. В. Шумилова, д-р  
техн. наук, профессор (Чита)

#### Политология

**23.00.02 – Политические институты, процессы и технологии** – Т. Е. Бейдина, д-р полит. наук, профес-  
сор (Чита); Ю. П. Гармаев, д-р юрид. наук, профессор (Улан-Удэ); О. В. Омеличкин д-р полит. наук, профессор  
(Кемерово); Т. Б. Цыренова, д-р полит. наук, доцент (Улан-Удэ);

**23.00.04 – Политические проблемы международных отношений, глобального и региональ-  
ного развития** – В. В. Гриб, д-р юрид. наук, доцент (Москва); А. В. Жуков, д-р филос. наук, профессор  
кафедры философии (Чита); А. В. Макаров, д-р юрид. наук, профессор (Чита); Е. В. Матвеева, д-р полит.  
наук, Заслуженный деятель науки и образования РАЕ (Кемерово); В. Ф. Печерица, д-р ист. наук, профессор  
(Владивосток);

**23.00.05 – Политическая регионалистика. Этнополитика** – А. Д. Воскресенский, д-р полит. наук,  
профессор (Москва); Ю. А. Зуляр, д-р ист. наук, профессор (Иркутск); А. А. Протасевич, д-р юрид. наук,  
профессор (Иркутск); И. В. Романова, д-р социол. наук, профессор (Чита); Ю. Н. Туганов, д-р юрид. наук,  
профессор (Москва); А. С. Чесноков, д-р полит. наук, доцент, Первый секретарь Посольства РФ в Респу-  
блике Кении (Екатеринбург)

#### Экономические науки

**08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством** – Е. А. Малышев, д-р экон. наук, профес-  
сор (Чита); М. С. Оборин, д-р экон. наук, профессор кафедры экономического анализа и статистики  
(Пермь); О. П. Санжина, д-р экон. наук, профессор (Улан-Удэ); С. А. Шелковников, д-р экон. наук, профес-  
сор (Новосибирск)

**08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит** – Е. С. Вылкова, д-р экон. наук, профессор  
(Санкт-Петербург); И. П. Глазырина, д-р экон. наук, профессор (Чита); Л. В. Кох, д-р экон. наук, профессор  
(Санкт-Петербург);

**08.00.14 – Мировая экономика** – Н. И. Атанов, д-р экон. наук, профессор (Улан-Удэ); В. Ю. Буров, д-р  
экон. наук, доцент (Чита); Е. Л. Дугина, д-р экон. наук, профессор (Улан-Удэ)

### Члены международного редакционного совета

**Науки о Земле:** В. Р. Алабьев, д-р техн. наук (Украина); О. Баастын, д-р геогр. наук (Монголия); В. С. Во-  
лошин, д-р техн. наук, профессор (Украина); Б. Ж. Жумабаев, д-р техн. наук (Кыргызская Республика);  
К. Ч. Кожоголов, д-р техн. наук, профессор (Кыргызская Республика); Ч. В. Колев, профессор (Болгария);  
Нгуен Хоай Тьяу, д-р, профессор (Вьетнам)

**Политология:** Ан Сен Ир, профессор (Китай); Ван Чжи Хуа, д-р юрид. наук, профессор (Китай); З. Шмыт,  
профессор (Польша); Т. Т. Шоболотов, д-р полит. наук (Кыргызская Республика)

**Экономические науки:** Мауи Michigami, д-р экон. наук, профессор (Япония); L. G. Hassel, д-р экон. наук,  
профессор (Швеция); Л. Оюунцэцэг, д-р экон. наук, профессор (Монголия)

Drafting committee

<b>Editor-in-chief</b>	– Romanova N. P., scientific editor, doctor of sociological sciences, professor;
<b>Assistant editor</b>	– Peshkova N. G.;
<b>Editor of translation</b>	– Kaplina S. E., doctor of pedagogical sciences, professor;
<b>Literary editor</b>	– Bolsheshapova S. A.;
<b>Technical editor</b>	– Petrova I. V., candidate of sociological sciences

Editorial board

**Chairman of editorial board:** S. A. Ivanov, doctor of technical sciences, professor, rector, Transbaikal State University;

**Vice chairman of editorial board:** A. N. Khatikova, doctor of technical sciences, professor, prorector on scientific and innovative work, Transbaikal State University

Members of editorial board

Earth sciences

**25.00.11 – Geology, prospecting and exploration of minerals, minerageny** – I. V. Bychkov, doctor of technical sciences, professor, academician RAS (Irkutsk); A. A. Kiryashkin, doctor of technical sciences, (Novosibirsk); V. N. Oparin, doctor of physical and mathematical sciences, professor, corresponding member RAS (Novosibirsk); Yu. V. Pavlenko, doctor of geological and mineralogical sciences, professor (Chita); G. V. Sekisov, doctor of technical sciences, professor, honoured worker of the RF, corresponding member of National Academy of Sciences of Kyrgyzstan (Khabarovsk); S. M. Sinita, doctor of geological and mineralogical sciences, professor (Chita); G. A. Yurgenson, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, Honored Scientist of the Russian Federation, (Chita); D. M. Shesternev, doctor of technical sciences, professor, (Yakutsk)

**25.00.13 – Processing of minerals** – V. R. Alekseev, doctor of geographical sciences, professor, corresponding member, Academy of Water Management, honorary member of the Russian Geographical Society (Yakutsk); A. G. Kiryashkin, doctor of technical sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, laureate of the State Prize of the Russian Federation (Novosibirsk); A. G. Sekisov, doctor of technical sciences, professor, IMA SB RAS (Khabarovsk); V. P. Myazin, doctor of technical sciences, Honored Professor of ZabSU (Chita); V. Ya. Potapov, doctor of technical sciences, professor, Mining Mechanics department (Yekaterinburg); A. N. Khatikova, doctor of technical sciences, professor, (Chita)

**25.00.36 – Geocology (in branches)** – V. N. Zaslonsky, doctor of technical sciences, (Chita); V. N. Markarov, doctor of geological and mineralogical sciences, professor (Yakutsk); A. N. Novikov, doctor of geographical sciences, associate professor (Chita); L. V. Shumilova, doctor of technical sciences, professor (Chita)

Politicalology

**23.00.02 – Political institutions, processes and technologies** – T. E. Beydina, doctor of political sciences, professor (Chita); Yu. P. Garmayev, doctor of law sciences, professor (Ulan-Ude); O. V. Omelychkin, doctor of political sciences, professor (Kemerovo); T. B. Tserenova, doctor of political sciences, associate professor (Ulan-Ude)

**23.00.04 – Political problems of international relations, global and regional development** – V. V. Grib, doctor of law sciences, associate professor (Moscow); A. V. Zhukov, doctor of philosophical sciences, professor, Philosophy department (Chita); A. V. Makarov, doctor of law sciences, associate professor (Chita); E. V. Matveeva, doctor of political sciences, Honored Worker of Science and Education RAE (Kemerovo); V. F. Pecheritsa, doctor of historical sciences, professor (Vladivostok)

**23.00.05 – Political regionalism. Ethnopolitics** – A. D. Voskresensky, doctor of political sciences, professor (Moscow); Yu. A. Zulyar, doctor of historical sciences, professor (Irkutsk); A. A. Protosevich, doctor of law sciences, professor (Irkutsk); I. V. Romanova, doctor of sociological sciences, professor (Chita); Yu. N. Tuganov, doctor of law sciences, professor (Moscow); A. S. Chesnokov, doctor of political sciences, associate professor, First Secretary of the Embassy of the Russian Federation in the Republic of Kenya (Yekaterinburg)

Economics

**08.00.05 – Economy and management of national economy** – E. A. Malyshev, doctor of economic sciences, professor (Chita); M. S. Oborin, doctor of economic sciences, professor, Economic Analysis and Statistics department (Perm); O. P. Sanzhina, doctor of economic sciences, professor (Ulan-Ude); S. A. Shelkovich, doctor of economic sciences, professor (Novosibirsk);

**08.00.10 – Finance, monetary circulation and credit** – E. S. Vylkova, doctor of economic sciences, professor (St. Petersburg); I. P. Glazyrina, doctor of economic sciences, professor (Chita); L. Kokh, doctor of economic sciences, professor (St. Petersburg);

**08.00.14 – World economy** – N. I. Atanov, doctor of economic sciences, professor (Ulan-Ude); V. Yu. Burov, doctor of economic sciences, associate professor (Ulan-Ude); E. L. Dugina, doctor of economic sciences, professor (Ulan-Ude)

Members of international editorial board

**Earth sciences:** V. R. Alabiev, doctor of technical sciences (Ukraine); O. Baastyn, doctor of geographical sciences (Mongolia); V. S. Voloshin, doctor of technical sciences, professor (Ukraine); B. Zh. Zhumabaev, doctor of technical sciences (Kyrgyz Republic); K. Ch. Kozhogulov, doctor of technical sciences, professor (Kirghiz Republic); Ch. V. Kolev, professor (Bulgaria); Nguen Khoay Tuyau, doctor, professor (Vietnam)

**Politicalology:** An Sen Ir, professor (China); Van Chzhi Khua, doctor of law sciences, professor (China); Z. Shmyt, professor (Poland); T. T. Shobolotov, doctor of political sciences (Kyrgyz Republic)

**Economics:** Mayu Michigami, doctor of economic sciences, professor (Japan); L. G. Hassel, doctor of economic sciences, professor (Sweden); L. Oyuntsetseg, doctor of economic sciences, professor (Mongolia)

Founded  
in 1995

Founder and editor FSBI HE  
«Transbaikal State University»

Legal address: 672039, Transbaikal  
region, Chita  
Aleksandro-zavodskaya, str. 30

Editorial address: 672039, Chita,  
Alexandro-Zavodskaya str., 30,  
study 320, Editorial Board  
of the Bulletin of ZabGU

Tel.: +7 (3022) 21-88-73

E-mail: rik-romanova-chita@mail.ru

Web-site: <http://zabvestnik.com>

The Journal is registered by Federal  
Service for Supervision in the Sphere of  
Communications, Information Technology and  
Mass Communications (Roskomnadzor)  
Certificate of registration in Mass Media  
PI № FS 7771265 dated by 17.10.2017

Frequency of publication:

10 issues per year

The Transbaikal State University Journal up to  
the number 8 (87) 2012 was published under  
the title «Bulletin of the Chita State University»  
The Transbaikal State University

"Transbaikal State University Journal" has a  
separately published supplement - the journal  
"Postgraduate" (ISSN 20749155), publication  
frequency 2 journals per year

**Journal is recommended by the High  
Certification Commission for the  
publication of research for the degrees  
of doctor and candidate of sciences**

Research directions of the Journal:

– Earth sciences;

– Politicalogy;

– Economics

The journal is included into:

– the system of the Russian index of scientific  
citation (RISC);

– the database of VINITI RAN;

– SEL «Ciberleninka»;

– the catalogue of periodicals Ulrich's  
Periodicals Directory

Subscription to the Transbaikal State Uni-  
versity Journal can be registered at any post  
office. Index is in accordance with the federal  
postal general catalogue «The Russian Press»  
and internet-catalogue «Russian periodicals»  
[www.arpk.org](http://www.arpk.org): 82102.

Subscription can be also registered by means  
of editorship. The price is free

All materials published in the scientific journal  
«Transbaikal State University Journal» have  
intellectual property rights and are protected  
by copyright. Translation of the materials  
and their republication in any form, including  
electronic one, cannot be performed without  
written consent with the editorial board.

Authors are fully responsible for the choice  
and presentation of facts contained in the  
articles, the expressed views do not  
necessarily reflect the views  
of the editorial board

Photos provided by the authors and  
published with their consent

## Содержание

### Науки о Земле

Банушкина С. В., Сурков Н. В., Голицына З. Ф. Особенности плавления фаз в сечении диопсид – кальциевая молекула Эскола в интервале давлений 1 кгс/см <sup>2</sup> – 20 кбар .....	6
Беляновская А. И., Барановская Н. В., Ларат Б., Перри Н. Особенности концентрирования химических элементов в пищеварительной системе <i>Sus Scrofa Domesticus</i> в условиях техногенеза .....	18
Воронов Е. Т., Авдеев П. Б., Герасимов В. М. Радиоэкологическая обстановка на подземных горных работах урановых рудников и пути ее улучшения .....	27
Иванов К. С., Галлямов Д. Р., Дашинимаев З. Б. Исследование промерзания грунта с применением теплоизоляции из гранулированной пеностеклокерамики .....	34
Крылов С. Д. Особенности процесса замерзания воды в пористых материалах (по данным микроволновых исследований).....	45
Оборин М. С. Геолого-гидрогеологические условия как фактор развития лечебно-оздоровительных услуг сельских территорий .....	52
Рубцов Ю. И. Обоснование скоростного режима растворения металла в условиях системного подхода.....	62
Секисов А. Г., Рубцов Ю. И., Лавров А. Ю., Трубачев А. И., Рассказова А. В. Использование фотохимических и электрохимических процессов при выщелачивании золота из техногенно-трансформированного минерального сырья .....	70
Хатькова А. Н., Черкасов В. Г. Формирование двойного тонкослойного эффекта в аппаратах проточного типа при обогащении полиминеральной гидросмеси .....	84
Черкасов В. Г., Авдеев П. Б., Рубцов Ю. И. Теоретические основы разделительного процесса полидисперсных и полиминеральных гидросмесей в тонкослойном потоке .....	91
Шумилова Л. В., Черкасов В. Г. Основные принципы и этапы формирования аппаратурного подхода к процессу водоподготовки при обогащении металлоносных песков на россыпях .....	97

### Политология

Матвеева Е. В. Деятельность полиции Кемеровской области в оценках общественности (на материалах регионального исследования) .....	103
Тертешникова Н. Д., Жукова А. А., Романова И. В., Бернюкевич Т. В. Формирование личности в рамках регионального политического пространства: методологический аспект .....	112

### Экономические науки

Жалсараева Е. А., Дугаржапова М. А., Маланов В. Н., Шангина А. В. Пространственное развитие в условиях регионального укрупнения .....	120
Суходолов Я. А. Внешняя торговля Байкальского региона: современное состояние и основные тенденции развития .....	131



## Contents

### Earth sciences

Banushkina S., Surkov N., Golitsyn Z. Melting Features of Phases in the Diopside – Calcium Molecule of Escola Section in the Pressure Range 1 kgs/sm <sup>2</sup> – 20 kbaR.....	6
Baranovskaya N., Belyanovskaya A., Laratte B., Perry N. Specifications of a Chemical Composition of the Digestive System of Sus Scrofa Domesticus under Technological Environmental Impact .....	18
Voronov E., Avdeev P., Gerasimov V. Radioecological Situation in Underground Mining Works of Uranium Mines and Ways of Its Improvement .....	27
Ivanov K., Gallyamov D., Dashinimaev Z. Study of Freezing Ground with the Application of Heat Insulation Granular Foamed Glass Ceramics .....	34
S. Krylov Features of the Freezing Process of Water in Porous Materials According (to Microwave Research) .....	45
Oborin M. Geological and Hydrogeological Conditions as a Factor in the Development of Health Services in Rural Areas.....	52
Rubtsov Yu. Substantiation of the Speed Mode of Metal Dissolution in the Conditions of the System Approach .....	62
Sekisov A., Rubtsov Yu., Lavrov A., Trubachev A., Rasskazova A. Use of Photochemical and Electrochemical Processes When Leaching Gold from the Secondary Mineral Raw Material .....	70
Khatkova A., Cherkasov V. The Formation of the Double Thin-Layer Effect in the Flow Type Apparatus for the Enrichment of Compound Slurry.....	84
Cherkasov V., Avdeev P., Rubtsov Yu. Teoretical Framework of the Separation Process of Polydisperse and Polymineral Hydro Mixtures in Thin-Bedded Flow .....	91
Shumilova L., Cherkasov V. Basic Principles and Stages of the Hardware-Touch Approach Formation to the Water Treatment Process During the Extension of the Metal-Layer Sands at the Alluvial Deposits .....	97

### Politology

Matveeva E. Activities of the Police in the Kemerovo Region as Assessed By the Public (Case of a Regional Research).....	103
Terteshnikova N., Zhukova A., Romanova I., Bernyukevich T. Formation of Personality in the Framework of Regional Political Space: Methodological Aspect.....	112

### Economics

Zhalsaraeva E., Dugarzhapova M., Malanov V., Shangina A. Current Issues of Regional Improvement in the Conditions of Spatial Development.....	120
Sukhodolov Ya. Foreign Trade of the Baikal Region: Current State and Major Trends of Development .....	131

## ОСОБЕННОСТИ ПЛАВЛЕНИЯ ФАЗ В СЕЧЕНИИ ДИОПСИД – КАЛЬЦИЕВАЯ МОЛЕКУЛА ЭСКОЛА В ИНТЕРВАЛЕ ДАВЛЕНИЙ 1 КГС/СМ<sup>2</sup> – 20 КВАР

## MELTING FEATURES OF PHASES IN THE DIOPSIDE – CALCIUM MOLECULE OF ESCOLA SECTION IN THE PRESSURE RANGE 1 KGS/SM<sup>2</sup> – 20 KVAR



**С. В. Банушкина,**  
Институт геологии и минералогии  
им. В. С. Соболева СО РАН,  
г. Новосибирск  
banushkinasv@igm.nsc.ru

**S. Banushkina,**  
Institute of Geology and Mineralogy named  
after V.S. Sobolev, SB RAS, Novosibirsk



**Н. В. Сурков,**  
Институт геологии и минералогии  
им. В. С. Соболева СО РАН,  
г. Новосибирск  
diagrams@igm.nsc.ru

**N. Surkov,**  
Institute of Geology and Mineralogy named  
after V. S. Sobolev, SB RAS, Novosibirsk



**З. Ф. Голицына,**  
Институт геологии и минералогии  
им. В. С. Соболева СО РАН,  
г. Новосибирск  
zoe.zhurko@gmail.com

**Z. Golitsyna,**  
Institute of Geology and Mineralogy named  
after V.S. Sobolev, SB RAS, Novosibirsk

Стехиометричные миналы – основные компоненты природных клинопироксенов. Предполагалось, что обнаруженный в результатах ряда исследований избыточный кремнезём в клинопироксене растворяется в виде минала «кальциевой молекулы Эскола»  $\text{Ca}_{0.5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  (CaEs). В связи с предположением о возможности использования CaEs в качестве индикатора давления, предпринимались попытки определить зависимость состава нестехиометричных клинопироксенов от (p, t°)-параметров.

Однако в последующих экспериментальных работах при давлениях 20...30 кбар показано отсутствие нестехиометричности клинопироксенов и усложнённое строение фазовой диаграммы сечения диопсид  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  (Di) – кальциевая молекула Эскола  $\text{Ca}_{0.5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  (CaEs). В исследованиях при атмосферном давлении также признано ошибочным существование жадеитоподобного минала CaEs. Установлено, что в исследуемом сечении при данных условиях существует фаза α-диопсид (αDi), близкая по составу к диопсиду, однако лишённая глинозёма, и которая не относится к твёрдым растворам клинопироксенов диопсидового ряда. Благодаря наличию αDi в сечении наблюдается появление дополнительной эвтектики.

В связи с этим проведено экспериментальное исследование фазовых взаимоотношений в сечении диопсид  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  (Di) – кальциевая молекула Эскола  $\text{Ca}_{0.5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  (CaEs) при 10...15 кбар, и построена фазовая диаграмма в интервале давлений 1 кгс/см<sup>2</sup> – 20 кбар. Фаза α-диопсид обнаружена. В солидусе сосуществуют фазы An, Qtz, Crx, αDi. В диопсидовой части сечения при 10 кбар наблюдается поле твёрдых растворов клинопироксена, которое сменяется фазовым объёмом Crx+αDi. Плавление происходит по эвтектической реакции  $\text{An}+\text{Crx}+\alpha\text{Di}+\text{Qtz}=\text{L}$  при температурах 1200...1210 °С. Полученный эвтектический тренд хорошо согласуется с ранее известными данными. Составы сосуществующих фаз соответствуют стехиометрии

**Ключевые слова:** фазовая диаграмма; минал; нестехиометричные клинопироксены; кальциевая молекула Эскола; α-диопсид; анализ фазовых взаимоотношений; фазовый объём; плавление; эвтектическая реакция; высокие давления; геотермобарометрия

Stoichiometric minerals are the main components of natural clinopyroxenes. It was assumed that the excess silica found in the results of some studies in clinopyroxene dissolves as the mineral "calcium molecule of Escola"  $\text{Ca}_{0.5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  (CaEs). It was suggested to use the mineral CaEs as a pressure indicator. So, attempts have been made to determine the dependence of non-stoichiometric clinopyroxenes compositions on (p, T)-parameters.

Nevertheless, the absence of clinopyroxene non-stoichiometry and complicated structure of phase diagram for the section diopside  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  (Di) – Calcium Molecule of Escola  $\text{Ca}_{0.5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  (CaEs) has been shown in the subsequent experimental works at 20–30 kbar. In studies at 1 kgs/cm<sup>2</sup> the existence of jadeite-similar mineral CaEs as incorrect has been also recognized. It has been determined that there is the phase  $\alpha$ -diopside ( $\alpha$ Di) in the investigated section. It is close in composition to diopside, does not contain alumina, and does not belong to clinopyroxene solid solution of diopside series. Besides, due to the presence of  $\alpha$ Di in this section the additional eutectic is observed.

In this regard, a study was made of phase relations in the section of diopside  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  (Di) – Calcium Molecule of Escola  $\text{Ca}_{0.5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  (CaEs) at pressures 10...15 kbar, and the phase diagram for 1 kgs/cm<sup>2</sup> – 20 kbar has been constructed. The phase  $\alpha$ -diopside has been found. The phases An, Qtz, Cpx,  $\alpha$ Di coexist in a solidus. In the diopside part of section at 10 kbar the clinopyroxene solid solutions field is observed. It is replaced by the phase volume Cpx+ $\alpha$ Di. The melting happens at the eutectic reaction  $\text{An} + \text{Cpx} + \alpha\text{Di} + \text{Qtz} = \text{L}$  at temperatures 1200...1210 °C. This eutectic trend well coincides with data previously known. The compositions of coexisting phases correspond to stoichiometry

**Key words:** phase diagram; mineral; non-stoichiometric clinopyroxenes; Calcium Molecule of Escola;  $\alpha$ -diopside; analysis of phase relationships; phase volume; melting; eutectic reaction; high pressures; geothermobarometry

**В**ведение. Составы твёрдых растворов клинопироксенов обычно описывают стехиометричными миналами. Отклонения от стехиометрии было принято объяснять микровключениями посторонних минералов или же ошибками анализа.

Идея существования жадеитоподобного минала  $\text{Ca}_{0.5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  была высказана Эсколом [17]. Ранние экспериментальные работы по изучению твёрдых растворов клинопироксенов основывались на допущении устойчивости нестехиометричных миналов [18; 19; 21]. В частности, при изучении пород щёлочноземельной серии для области кварцнормативных составов не был обнаружен свободный кварц  $\text{SiO}_2$  [3; 5]. Возможность растворения избыточного кремнезёма в клинопироксене в виде минала «кальциевой молекулы Эскола»  $\text{Ca}_{0.5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  изучали при высоких давлениях в системах  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ - $\text{SiO}_2$  и  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ - $\text{SiO}_2$  [4; 6; 8; 13–15].

В последующих экспериментальных работах [9–11; 24] при давлениях 20...30 кбар показано, что глинозёмистые клинопироксены соответствуют стехиометрии, а в ассоциации появляется дополнительная фаза ( $\alpha$ -диопсид), состав которой близок к диопсиду, но с нулевым содержанием  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Существование  $\alpha$ -диопсида усложняет строение фазовой диаграммы исследуемого сечения появлением новой эвтектической реакции, характеризующейся более низкими (на 200 °C)

температурами плавления, чем все остальные составы в системе  $\text{CaO}$ - $\text{MgO}$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ . Также отмечено появление невариантного равновесия ( $\alpha$ Di, Cpx, An, Qtz, L, Grt) при давлении 26 кбар.

Следует обратить внимание, что неустойчивость нестехиометричных клинопироксенов при высоких давлениях логично объясняется их кристаллохимическими особенностями [1]. Компонент «кальциевая молекула Эскола» представляет собой минерал, аналогичный жадеиту. Поскольку кальций является двухвалентным катионом, то в связи с необходимостью электронейтральности структуры минерала, половина структурных позиций M1 должна быть свободна. Трудно полагать, что фаза с вакансией в крупной структурной позиции будет устойчивой при высоких давлениях.

Исследования, проведённые при давлении 1 кгс/см<sup>2</sup>, также показали аналогичные результаты [12]: отсутствие нестехиометричности глинозёмистых клинопироксенов и наличие фазы  $\alpha$ Di.

В свете сказанного возникла задача исследовать фазовые взаимоотношения в сечении диопсид – Ca-молекула Эскола в интервале давлений 1 кгс/см<sup>2</sup> – 20 кбар с целью уточнить составы сосуществующих клинопироксенов, проверить устойчивость фазы  $\alpha$ -диопсид и проследить направление эвтектических реакций.

В статье использованы следующие обозначения: Di – диопсид, CaEs – кальций-

эсколаитовый компонент ( $\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$ ),  $\alpha\text{Di}$  –  $\alpha$ -диопсид,  $\text{Срх}$  – глинозёмистые клинопироксены диопсидового ряда,  $\text{Qtz}$  – кварц,  $\text{An}$  – анортит,  $\text{L}$  – расплав.

*Методика экспериментальных исследований.* Исходные вещества приготовлены из прокалённых в платиновых тиглях окислов весовым методом с использованием реактивов марки Ос. Ч. Навеску брали сразу после остывания тигля до комнатной температуры. Затем смесь окислов растирали в твёрдосплавной ступке до размеров зёрен 5...10 мк и вновь прокаливали в платиновом тигле в интервале температур 1100...1550 °С,

на 20...30 °С ниже температуры плавления смеси. Каждые 10...12 ч прокаливание чередовали с растиранием вещества в твёрдосплавной ступке и продолжали до полного исчезновения исходных окислов. Компоненты, соответствующие стехиометрии  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  (диоспид) и  $\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  (кальций-молекула Эскола), смешивали в соответствующих пропорциях и подвергали плавлению при температурах 1500...1620 °С. Образец закаливали опусканием платинового тигля в дистиллированную воду. В конечном итоге, получены прозрачные стекла (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

*Условия приготовления исходных веществ / Preparation conditions of the starting materials*

Номер состава / Composition number	Состав, мол. % / Composition, mol. %	Время, ч / Time, hours	Температура, °С / Temperature, °C	Результат / Result
S-123	Di	3	1606±10	стекло/glass
S-151	$\text{Di}_{95}\text{CaEs}_5$	3	1507±10	стекло/glass
S-152	$\text{Di}_{90}\text{CaEs}_{10}$	3	1514±10	стекло/glass
S-153	$\text{Di}_{85}\text{CaEs}_{15}$	4	1526±10	стекло/glass
S-138	$\text{Di}_{80}\text{CaEs}_{20}$	3,4	1550±10	стекло/glass
S-115	$\text{Di}_{70}\text{CaEs}_{30}$	3,4	1529±10	стекло/glass
S-114	$\text{Di}_{50}\text{CaEs}_{50}$	3	1514±10	стекло/glass
S-203	$\text{Di}_{40}\text{CaEs}_{60}$	4,6	1483±10	стекло/glass
S-120	$\text{Di}_{30}\text{CaEs}_{70}$	3,5	1546±10	стекло/glass
S-30	CaEs	3,5	1610±10	стекло/glass
S-118	$\text{Di}_{90}\text{CaEs}_{10}$	3	1520±10	стекло/glass
S-71	$\text{Di}_{80}\text{CaEs}_{20}$	3,5	1550±10	стекло/glass
S-114-1	$\text{Di}_{50}\text{CaEs}_{50}$	3	1535±10	стекло/glass
S-115-1	$\text{Di}_{70}\text{CaEs}_{30}$	3,5	1540±10	стекло/glass
S-120-1	$\text{Di}_{30}\text{CaEs}_{70}$	3,5	1540±10	стекло/glass

Эксперименты проводили на аппарате высокого давления типа «поршень-цилиндр» методом закалки [2; 16; 24]. В рабочий объём помещали нагревательное устройство, в качестве среды, передающей давление, использовали спрессованный и прокалённый  $\text{NaCl}$ . В середину трубчатого графитового нагревателя помещали платиновую ампулу с образцом [22]. Температуру контролировали с помощью высокоточного регулятора температуры ВРТ-3, который имеет устройство компенсации комнатной

температуры. Для измерения температуры использовали платина-платинордиевую термопару ( $\text{Pt-PtRh10}$ ). Холодные концы термопары выводили на медные контакты. Температуру холодных концов измеряли ртутным термометром ТА-4 ГОСТ 216-73 с точностью до 0,1 °С. Измерение ЭДС термопары проводили с помощью цифрового вольтметра постоянного тока Ф-283. Интервал колебания температуры от заданного значения с учётом колебания комнатной температуры не превышал ±1 °С.

Следует отметить, что поскольку имеет место значительное термическое расширение нагревательного устройства, при выводе опыта в режим создавали давление на 5...6 кбар ниже заданного. После чего поднимали температуру до нужной и проводили корректировку давления [2].

Закалку делали путём выключения напряжения на нагревателе. При этом, температура падала за 1 с до 400...500 °С, а затем – до комнатной за 5...7 с [2].

Из полученных образцов изготавливали двустороннеполированный шлиф с ориентировкой преимущественно вдоль вертикальной оси образца. Анализ фазовых взаимоотношений проводили путем изучения шлифа на поляризационном петрографическом микроскопе ПОЛАМ Л-211 и Olympus BX51 с фотоприставкой. Анализ состава фаз проводили на электронном микроанализаторе "Camebax-Micro" и на сканирующем электронном микроскопе MIRA 3 LMU с помощью спектрометра с энергетической дисперсией (система микроанализа Inca Energy 450 XMax

80 (Oxford Instruments) [7]. Дополнительно диагностику фаз производили по КР-спектрам, полученным с помощью КР-спектрометра фирмы JobinYVON. Эталоны спектров фаз из базы данных Database of Raman spectroscopy, X-ray diffraction and chemistry of minerals (<http://www.ruff.info>).

**Результаты исследования.** Наиболее информативным для определения состава фаз оказалось исследование на сканирующем электронном микроскопе типа MIRA 3 LMU в связи с высокой локальностью анализа [12].

В продиагностированных образцах обнаружены клинопироксен, анортит, кварц,  $\alpha$ -диопсид, стекло (раслав).

Эксперименты проведены в интервале температур 1200...1363 °С. Условия проведения и результаты экспериментов приведены в табл. 2 и на рис. 1. Данные по 20 кбар частично взяты из статьи «Устойчивость и фазовые взаимоотношения нестехиометричных клинопироксенов в сечении диопсид – «Са-молекула Эскола» при высоких давлениях» [11].

Таблица 2 / Table 2

Условия и результаты экспериментов в сечении Di-CaEs при 10...20 кбар /  
Conditions and results of experiments in the section Di-CaEs at 10...20 kbar

Номер опыта / Experiment number	Номер состава / Composition number	Исходный состав / Initial composition	Р, кбар / Pressure, kbar	Т, °С / Temperature, °С	t, ч / Time, hours	Фазы / Phases
P-509	S-152	Di <sub>90</sub> CaEs <sub>10</sub>	10	1208	17,5	Срх, $\alpha$ -Di, L
P-510	S-138	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	10	1208	17,5	Срх, $\alpha$ -Di, L
P-511	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	10	1208	17,5	Срх, $\alpha$ -Di, L
P-478	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	10	1227	25	Срх, $\alpha$ -Di, L
P-554	S-115-1	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	10	1261	7,5	Срх, $\alpha$ -Di, L
P-558	S-115-1	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	10	1275	12	Срх, $\alpha$ -Di, L
P-567	S-114-1	Di <sub>50</sub> CaEs <sub>50</sub>	10	1281	7	An, $\alpha$ -Di, L
P-568	S-203	Di <sub>40</sub> CaEs <sub>60</sub>	10	1281	7	An, $\alpha$ -Di, L
P-569	S-120-1	Di <sub>30</sub> CaEs <sub>70</sub>	10	1281	7	An, $\alpha$ -Di, L
P-562	S-115-1	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	10	1293	7,5	Срх, $\alpha$ -Di, L
P-561	S-114-1	Di <sub>50</sub> CaEs <sub>50</sub>	10	1293	7,5	An, $\alpha$ -Di, L
P-555	S-115-1	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	10	1301	8,5	Срх, $\alpha$ -Di, L
P-565	S-115-1	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	10	1335	7	Срх, $\alpha$ -Di, L
P-564	S-114-1	Di <sub>50</sub> CaEs <sub>50</sub>	10	1335	7	$\alpha$ -Di, L
P-487	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	10	1363	4	$\alpha$ -Di, L
P-489	S-114	Di <sub>50</sub> CaEs <sub>50</sub>	10	1363	4	$\alpha$ -Di, L
P-488	S-120	Di <sub>30</sub> CaEs <sub>70</sub>	10	1363	4	An, $\alpha$ -Di, L



Окончание табл. 2

Номер опыта / Experiment number	Номер состава / Composition number	Исходный состав / Initial composition	P, кбар / Pressure, kbar	T, °C / Temperature, °C	t, ч / Time, hours	Фазы / Phases
P-523	S-152	Di <sub>90</sub> CaEs <sub>10</sub>	12	1208	19	Cpx, An
P-522	S-138	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	12	1208	19	Cpx, An
P-521	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	12	1208	19	Qtz, An, Cpx, α-Di
P-526	S-152	Di <sub>90</sub> CaEs <sub>10</sub>	13	1208	16	Cpx, An
P-525	S-138	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	13	1208	16	Cpx, An
P-524	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	13	1208	16	Qtz, An, Cpx, α-Di
P-536	S-152	Di <sub>90</sub> CaEs <sub>10</sub>	14	1208	12	Cpx, An
P-535	S-138	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	14	1208	12	An, Cpx
P-534	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	14	1208	12	Qtz, An, Cpx, α-Di
P-505	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	15	1171	20	Qtz, An, Cpx, α-Di
P-504	S-138	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	15	1171	20	Qtz, An, Cpx
P-503	S-152	Di <sub>90</sub> CaEs <sub>10</sub>	15	1171	20	Qtz, An, Cpx
P-499	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	15	1222	12	An, Cpx
P-498	S-138	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	15	1222	12	Cpx, An
P-497	S-152	Di <sub>90</sub> CaEs <sub>10</sub>	15	1222	12	Cpx
P-468	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	20	1218	38	An, Qtz, Cpx
P-469	S-71	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	20	1218	38	α-Di, An
P-470	S-114	Di <sub>50</sub> CaEs <sub>50</sub>	20	1218	38	Cpx, An, Qtz, α-Di
P-465	S-71	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	20	1300	16,5	Cpx, α-Di, An, L
P-466	S-114	Di <sub>50</sub> CaEs <sub>50</sub>	20	1300	16,5	Cpx, α-Di, L
P-467	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	20	1300	16,5	Cpx, α-Di, An, L
P-471	S-71	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	20	1367	9,5	Cpx, α-Di, An, L
P-472	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	20	1367	9,5	Cpx, α-Di, An, L
P-473	S-114	Di <sub>50</sub> CaEs <sub>50</sub>	20	1367	9,5	Cpx, α-Di, (An+Qtz), L
P-462	S-71	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	20	1417	6,5	Cpx, α-Di, (An+Qtz), L
P-463	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	20	1417	6,5	Cpx, α-Di, An, L
P-464	S-114	Di <sub>50</sub> CaEs <sub>50</sub>	20	1417	6,5	Cpx, α-Di, An, L
P-474	S-71	Di <sub>80</sub> CaEs <sub>20</sub>	20	1470	5,5	α-Di, (An+Qtz), L
P-475	S-114	Di <sub>50</sub> CaEs <sub>50</sub>	20	1470	5,5	Cpx, L
P-476	S-115	Di <sub>70</sub> CaEs <sub>30</sub>	20	1470	5,5	Cpx, L

Плавление при 10 кбар происходит в экспериментах со смесями с содержанием CaEs более 5 мол. % при температурах выше 1200 °C. С увеличением давления повышается и температура эвтектики составов. В солидусе обнаружены Cpx, An, αDi, Qtz. Кварц представлен как крупными одиночными кри-

сталлами, так и тесными срастаниями с анортитом и клинопироксеном. Фаза α-диопсид также образует тесные срастания с другими фазами.

Избранные анализы состава фаз, полученные на сканирующем электронном микроскопе, приведены в табл. 3.

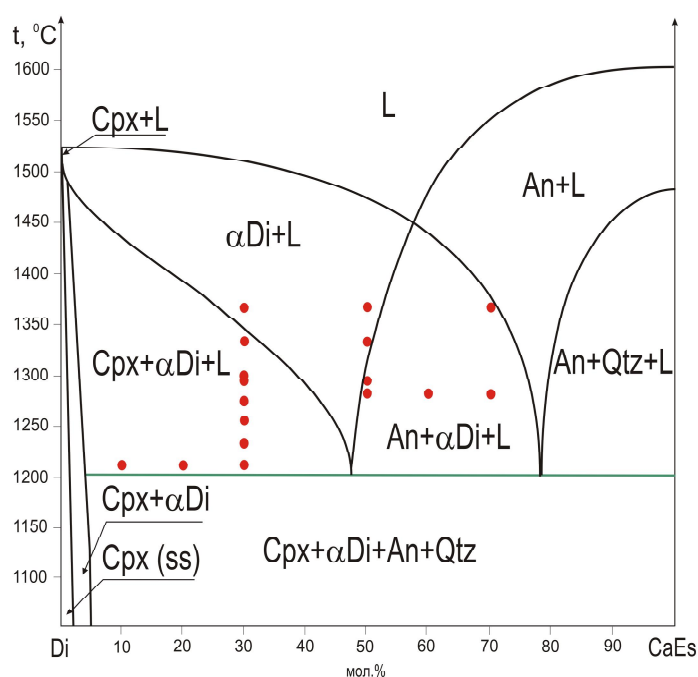


Рис. 1. Фазовая диаграмма сечения Di-CaEs при 10 кбар/  
Fig. 1. Phase diagram of the section Di-CaEs at 10 kbar

Таблица 3 / Table 3

Избранные составы фаз из экспериментов / Selected phase compositions from the experiments

Номер опыта / Experiment number	Фаза / Phase	Анализ фазы, масс. % / Phase analyses, mass. %					Пересчёт, мол. % / Recalculation, mol. %			
		CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Сумма / Total	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
P-488	α-Di	25,42	19,02	—	56,16	100,6	24,37	25,37	0	50,25
P-488	L	20,09	3,32	16,97	59,41	99,79	22,45	5,162	10,43	61,96
P-509	Cpx	22,64	17,3	7,33	51,94	99,21	22,82	24,26	4,063	48,86
P-558	L	18,34	3,02	17,19	60,63	99,18	20,7	4,743	10,67	63,88
P-558	Cpx	24,91	16,4	6,05	52,95	100,3	24,79	22,71	3,312	49,19
P-558	α-Di	25,51	18,87	0	56,16	100,5	24,49	25,2	0	50,31
P-569	α-Di	25,17	18,61	—	55,54	99,32	24,46	25,16	0	50,38
P-569	Cpx	23,72	17,26	2,08	57,04	100,1	23,23	23,52	1,12	52,13
P-562	L	18,16	4,53	16,72	60,48	99,89	20,15	6,995	10,21	62,65
P-562	Cpx	24,15	17,69	3,61	54,66	100,1	23,73	24,19	1,951	50,13
P-562	α-Di	25,49	18,81	—	56,09	100,4	24,51	25,16	0	50,33
P-521	Cpx	24,89	17,4	2,53	56,8	101,6	24,05	23,39	1,344	51,22
P-521	An	19,2	—	38,81	43,02	101	23,79	0	26,45	49,76
P-521	α-Di	25,8	18,79	0	57,04	101,6	24,53	24,86	0	50,61
P-499	Cpx	22,77	19,77	2,57	54,9	100	22,12	26,72	1,373	49,78
P-468	α-Di	25,03	18,9	0	55	98,93	24,38	25,62	0	50

Окончание табл. 3

Номер опыта / Experiment number	Фаза / Phase	Анализ фазы, масс. % / Phase analyses, mass. %					Пересчёт, мол. % / Recalculation, mol. %			
		CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Сумма / Total	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
P-468	Срх	25,79	16,88	6,93	51,72	101,3	25,44	23,17	3,76	47,62
P-467	Срх	24,54	17,37	5,91	52,16	99,98	24,38	24,01	3,23	48,37
P-467	$\alpha$ -Di	26,08	18,55	0,018	55,36	100	25,18	24,92	0,01	49,89
P-466	$\alpha$ -Di	24,98	19,44	0	55,64	100,06	24,03	26,02	0	49,95
P-466	Срх	21,07	21,06	4,92	53,1	100,2	20,53	28,55	2,636	48,29
P-466	L	18,99	6,88	15,12	58,15	99,14	20,83	10,5	9,123	59,54
P-471	$\alpha$ -Di	24,92	19,42	0	55,02	99,36	24,13	26,16	0	49,71
P-471	Срх	25,05	16,33	5,96	52,67	100	25	22,67	3,271	49,06
P-462	$\alpha$ -Di	24,36	19,97	0	55,84	100,17	23,36	26,65	0	49,99
P-462	Срх	25,09	16,22	5,85	52,98	100,1	25,01	22,5	3,207	49,29
P-462	L	21,09	3,66	14,93	59,52	99,2	23,45	5,662	9,129	61,76
P-474	$\alpha$ -Di	24,67	18,97	0	55,09	98,73	24,07	25,76	0	50,17

Состав глинозёмистого клинопироксена соответствует стехиометрическим соотношениям. В составе фазы  $\alpha$ Di отмечено до 5 мол. % энстатитового компонента.

На основании полученных результатов построена фазовая диаграмма сечения Di – CaEs при 10 кбар (рис. 1). В солидусе сосуществуют фазы An, Срх,  $\alpha$ Di, Qtz. Плавление происходит по эвтектической реакции  $An+Срх+\alpha Di+Qtz=L$  при температурах выше 1200 °С в объёме составов четырёхкомпонентной системы CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>. В диопсидовой части сечения выявлено поле твёрдых растворов глинозёмистых клинопироксенов, которое с увеличением CaEs-компонента сменяется фазовым объёмом Срх+ $\alpha$ Di.

*Обсуждение результатов.* Полученные в нашей работе результаты по исследованию фазовых взаимоотношений диопсид – Ca-молекула Эскола согласуются с данными предыдущих исследований при 20...30 кбар [11], а также при 1 кгс/см<sup>2</sup> [12]. Подтверждена устойчивость фазы  $\alpha$ -диопсид.

По данным КР-спектрометра структура  $\alpha$ -диопсида предположительно отвечает структуре чистого диопсида [23] (рис. 2). Однако наблюдается небольшое отклонение по составу  $\alpha$ -диопсида от твёрдых растворов клинопироксенов диопсидового ряда, что свидетельствует о разрыве смесимости. На рис. 3 качественно показана точка

$\alpha$ -диопсида, лежащая непосредственно на линии En-Woll, с содержанием энстатитового компонента до 5 мол. %. Твёрдые растворы клинопироксенов характеризуются недостатком SiO<sub>2</sub> и смещением по составу в сторону форстеритового компонента. Таким образом, полученные данные совпадают с результатами И. Куширо [21].

Присутствие  $\alpha$ -диопсида позволяет объяснить anomalно низкие температуры плавления составов в данной области сечения и появление дополнительной эвтектики. Эвтектический тренд  $An+Срх+\alpha Di+Qtz=L$  совпадает с полученным трендом при 20 кбар [11] (рис. 4).

При повышении давления наблюдается смена ассоциации глинозёмистых клинопироксенов с анортитом на ассоциации с гранатом, что хорошо согласуется с известными ранее данными [8; 20]. Устойчивость  $\alpha$ -диопсида позволяет продолжить серию эвтектик до атмосферного давления. Установленный тренд эвтектических реакций с участием  $\alpha$ -диопсида представляет собой один из возможных путей эволюции кварц-нормативных составов из глубин мантии к поверхности. Понижение температур плавления (почти на 200 °С) даёт химический механизм накопления больших объёмов алюмосиликатных расплавов, необходимый для формирования крупных интрузивов.

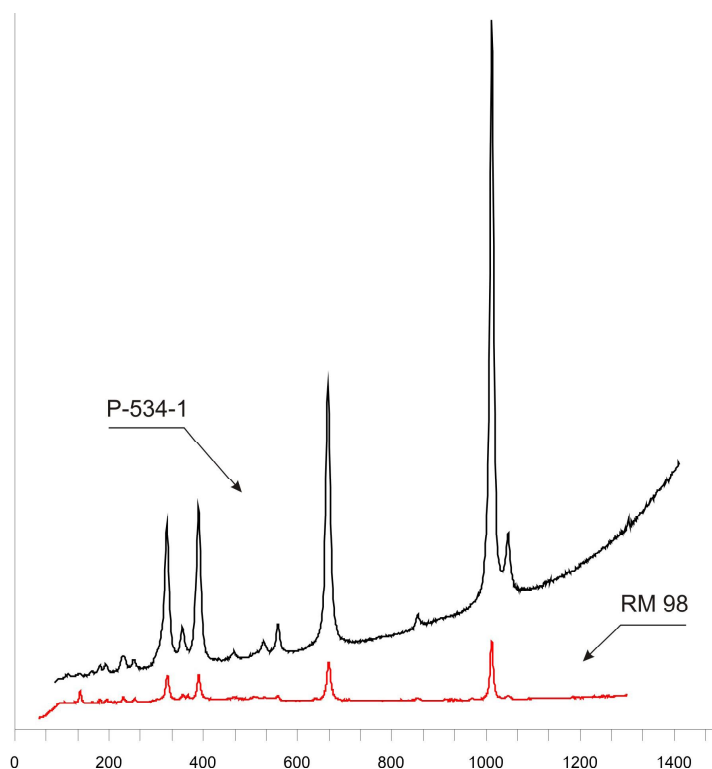


Рис. 2. КР-спектры фаз  $\alpha$ -Di (опыт P-534) и Di (эталон, данные из [24]) /  
 Fig. 2. KR-spectra of phases  $\alpha$ -Di (experiment P-534) and Di (standard from [24])

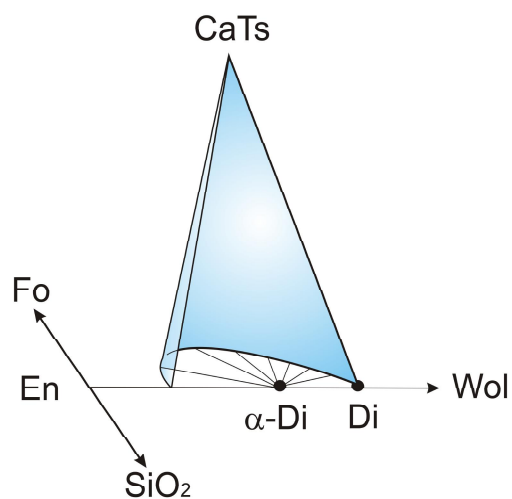


Рис. 3. Схема соотношения твёрдых растворов глинозёмистых клинопироксенов и  $\alpha$ -диопсида в плоскости составов энстатит-волластонит-SiO<sub>2</sub> / Fig. 3. Correlation scheme of aluminous clinopyroxene solid solutions and  $\alpha$ -diopside at the plane of enstatite-wollastonite-silica compositions

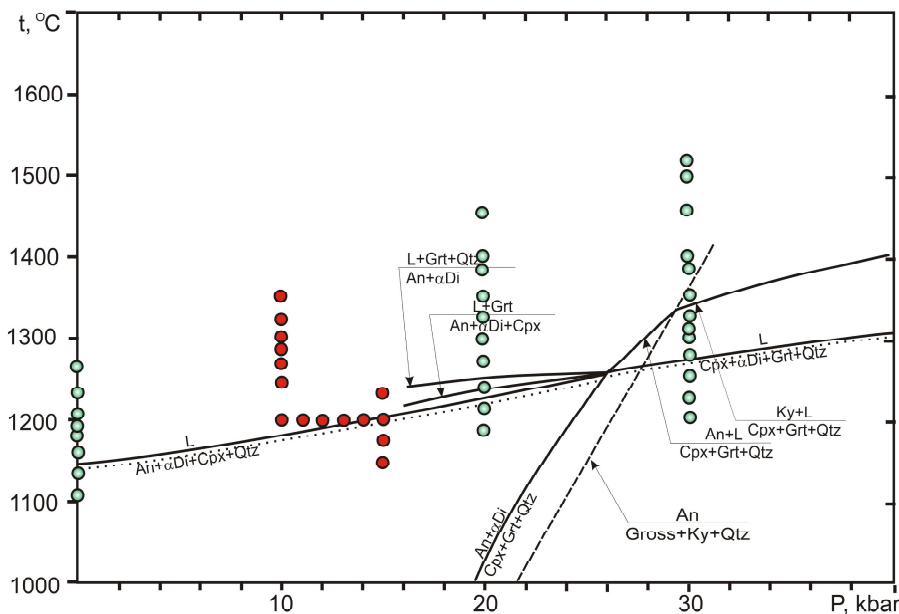


Рис. 4. Эвтектические реакции с участием  $\alpha$ -диопсида / Fig. 4. Eutectic reactions involving  $\alpha$ -diopside

**Выводы.** На основании полученных в нашей работе данных и результатов предыдущих экспериментальных исследований построена схема фазовой диаграммы сечения диопсид – Са-молекула Эскола в интервале давлений 1 кгс/см<sup>2</sup> – 20 кбар. В солидусе сосуществуют  $\alpha$ -диопсид, анортит, кварц и глинозёмистый клинопироксен. Составы фаз соответствуют стехиометрии.

В сечении плавление происходит по эвтектической реакции  $An + Cpx + \alpha Di + Qtz = L$ , что коррелируется с результатами исследований

при 20 кбар и атмосферном давлении. В интервале давлений 10...20 кбар температура эвтектики возрастает от 1200 до 1250 °С.

Таким образом, проведённые исследования в сочетании с ранее полученными данными при давлениях 20...30 кбар и 1 кгс/см<sup>2</sup>, позволяют сделать однозначный вывод об отсутствии твёрдых растворов клинопироксенов, содержащих избыточный кремнезём, а также свидетельствуют об устойчивости фазы  $\alpha$ -диопсид.

#### Список литературы

1. Брэгг У., Кларингбулл Г. Кристаллическая структура минералов. М.: Мир, 1967. Т. 1. 389 с.
2. Годовиков А. А., Смирнов С. А., Малиновский И. Ю., Ран Э. Н., Паньков М. С., Росинский Г. А., Токмин Б. П. Аппарат для создания давления до 40 кбар при температурах до 1700 °С // Приборы и техника эксперимента. 1971. № 6. С. 159–160.
3. Жариков В. А., Иванов И. П., Литвин Ю. А., Ишбулатов Р. А. Экспериментальные исследования плавления изверженных пород щёлочноземельной серии при давлении 35 кбар // Доклады Академии наук СССР. 1974. Т. 219, № 2. С. 443–446.
4. Жариков В. А., Ишбулатов Р. А., Чудиновских Л. Т., Литвин Ю. А. Растворимость минала  $Ca_{0.5}AlSi_2O_6$  в клинопироксенах и проблема эклогитового барьера: тезисы докладов Всесоюзного симпозиума Мантийные ксенолиты и проблема ультраосновных магм. Новосибирск, 1980. С. 88.
5. Ишбулатов Р. А. Экспериментальные исследования плавления пород щёлочноземельной серии при давлениях 25–45 кбар // Очерки по физико-химической петрологии. М.: Наука, 1977. Вып. 6. С. 97–167.
6. Ишбулатов Р. А., Чудиновских Л. Т., Малиновская Е. К. Экспериментальные исследования растворимости минала  $Ca_{0.5}AlSi_2O_6$  в клинопироксенах при давлениях от 14 до 70 кбар // XIII Конгресс Международной минералогической ассоциации ММА (IMA). Варна, 1986. С. 351–357.



7. Лаврентьев Ю. Г., Карманов Н. С., Усова Л. В. Электронно-зондовое определение состава минералов: микроанализатор или сканирующий электронный микроскоп? // Геология и геофизика. 2015. Т. 56, № 8. С. 1473–1482.
8. Малиновская Е. К., Дорошев А. М., Булатов В. К., Брайт Г. Клинопироксены серии  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ - $\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  в ассоциации с анортитом, кварцем, коэситом и гранатом // Геохимия. 1991. № 2. С. 216–226.
9. Сурков Н. В., Дорошев А. М. Фазовая диаграмма системы  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  при давлениях до 40 кбар // Геология и геофизика. 1998. Т. 39, № 9. С. 1254–1268.
10. Сурков Н. В., Гартвич Ю. Г., Бабич Ю. В. Экспериментальное исследование фазовой диаграммы сечения  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaAl}_{0,5}\text{Si}_2\text{O}_6$  при давлении 3,0 ГПа // Доклады академии наук. 2004. Т. 398, № 4. С. 533–537.
11. Сурков Н. В., Гартвич Ю. Г., Изох О. П. Устойчивость и фазовые взаимоотношения нестехиометрических клинопироксенов в сечении диопсид – «Са-молекула Эскола» при высоких давлениях // Геохимия. 2007. № 6. С. 632–642.
12. Сурков Н. В., Банушкина С. В., Гартвич Ю. Г. Особенности плавления ассоциаций с  $\alpha$ -диопсидом в сечении  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$  при атмосферном давлении // Вестник Забайкальского государственного университета. 2018. Т. 24, № 7. С. 51–59.
13. Ханухова Л. Т., Жариков В. А., Ишбулатов Р. А., Литвин Ю. А. Избыточный кремнезём в твёрдых растворах клинопироксенов высокого давления по данным экспериментального изучения системы  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ - $\text{SiO}_2$  при 35 кбар и 1200 °С // Доклады академии наук СССР. 1976. Т. 229, № 1. С. 182–184.
14. Ханухова Л. Т., Жариков В. А., Ишбулатов Р. А., Литвин Ю. А. Поверхность насыщения клинопироксенов кремнезёмом в системе  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ - $\text{SiO}_2$  при 35 кбар и 1200 °С // Доклады академии наук СССР. 1977. № 234. С. 168–171.
15. Ханухова Л. Т. Экспериментальное исследование системы  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ - $\text{SiO}_2$  при 35 кбар и 1200 °С // Очерки физико-химической петрологии. М.: Наука, 1978. С. 155–178.
16. Boyd F. R., England J. L. Apparatus for phase-equilibrium measurements at pressures up to 50 kilobars and temperatures up to 1750 °С // Journal of Geophysical Research. 1960. Vol. 65. No. 2. P. 741–748.
17. Eskola P. On the eclogites of Norway // Skrifter utgit av Videnskapsselskapet i Kristiania. I, Matematisk-naturvidenskabelig klasse. 1921. No. 8. P. 163–170.
18. Gasparik T. Experimental study of subsolidus phase relations and mixing properties of clinopyroxene in the silica-saturated system  $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  // American Mineralogist. 1986. Vol. 71. No. 5-6. P. 686–693.
19. Gasparik T. Transformation of enstatite – diopside – jadeite pyroxenes to garnet // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1989. Vol. 102. No. 4. P. 389–405.
20. Knapp N., Woodland A.B., Klimm K. Experimental constraints in the CMAS system on the Ca-Eskola content of eclogitic clinopyroxene // European Journal of Minerals. 2013. No. 25. P. 579–596.
21. Kushiro I. Clinopyroxene solid solutions formed by reactions between diopside and plagioclase at high pressures // Mineralogy Society of America. Special. 1969. No. 2. P. 179–191.
22. Mirvald P. W., Gettingl. C., Kennedy G. C. Low-friction cell for piston-cylinder high-pressure apparatus // Journal of Geophysical Research. 1975. Vol. 86. No. 11. P. 1519–1525.
23. Richet P., Mysen B., Ingrin J. High-temperature X-ray diffraction and Raman spectroscopy of diopside and pseudowollastonite // Physics and Chemistry of Minerals. 1998. No. 25. P. 401–414.
24. Surkov N. V., Darmenko O. L. Experimental investigation of clinopyroxene stability in the section Di-CaTs-CaEs at pressure 30 kbar // Experiment in Geoscience. 2001. Vol. 10. No. 1. P. 33–34.

## References

1. Bragg W., Claringbull G. *Kristallicheskaya struktura mineralov* (The crystal structure of minerals). Moscow: Mir, 1967. Vol. 1. 390 p.
2. Godovikov A. A., Smirnov S. A., Malinovsky I. Yu., Ran E. N., Rosinsky G. A., Tokmin B. P. *Pribory i tekhnika experimenta* (Instruments and experimental techniques), 1971, no. 6, pp. 159–160.
3. Zharikov V. A., Ivanov I. P., Litvin Yu. A., Ishbulatov R. A. *Doklady AN SSSR* (Reports of the Academy of Sciences), 1974, vol. 219, no. 2, pp. 443–446.
4. Zharikov V. A., Ishbulatov R. A., Chudinovskikh L. T., Litvin Yu. A. *Mantiynye ksenolity i problema ult. magm: Tez. dokl.* (Mantle Xenoliths and the Ult. Magm" thesis of the reports of the All-Union Symposium), Novosibirsk. 1980, p. 88.
5. Ishbulatov R. A. *Ocherki po fiziko-himicheskoy petrologii* (Esseys on physics-chemical petrology). Moscow: Nauka, 1977, vol. 6, pp. 97–167.

6. Ishbulatov R. A., Chudinovskikh L. T., Malinovskaya E. K. *XIII Kongress Mezhdunarodnoy Mineralogicheskoy Assotsiatsii MMA (IMA) (XIII Cong. Int. Min. Ass. MMA (IMA))*. Varna, 1986, pp. 351–357.
7. Lavrentiev Ju. G., Karmanov N. S., Usova L. V. *Geologiya i geofizika (Geology and geophysics)*, 2015, vol. 56, no. 8, pp. 1473–1482.
8. Malinovskaya E. K., Doroshev A. M., Bulativ V. K., Bray G. *Geohimiya (Geology and geophysics)*, 1991, no. 2, pp. 210–226.
9. Surkov N.V., Doroshev A.M. *Geologiya i geofizika (Geology and Geophysics)*, 1998, vol. 39, no. 9, pp. 1254–1268.
10. Surkov N. V., Gartvich Yu. G., Babich Yu. V. *Doklady akademii nauk (Reports of the Academy of Sciences)*, 2004, vol. 398, no. 4, pp. 533–537.
11. Surkov N. V., Gartvich Yu. G., Izokh O. P. *Geohimiya (Geochemistry)*, 2007, no. 6, pp. 632–642.
12. Surkov N. V., Banushkina S. V., Gartvich Yu. G. *Vestnik ZabGU (Transbaikal State University Journal)*, 2018, vol. 24, no. 7, pp. 51–59.
13. Khanuhova L. T., Zharikov V. A., Ishbulatov R. A., Litvin Yu. A. *Doklady akademii nauk SSSR (Reports of the Academy of Sciences)*, 1976, vol. 229, no. 1, pp. 182–184.
14. Khanuhova L. T., Zharikov V. A., Ishbulatov R. A., Litvin Yu. A. *Dokl. Akad. Nauk SSSR (Reports of the Academy of Sciences)*, 1977, no. 234, pp. 168–171.
15. Khanuhova L. T. *Ocherki po fiziko-himicheskoy petrologii (Esseys on physics-chemical petrology)*, Moscow: Nauka, 1978, pp. 155–178.
16. Boyd F. R., England J. L. *Journal of Geophysical Research (Journal of Geophysical Research)*, 1960, vol. 65, no. 2, pp. 741–748.
17. Eskola P. *Skrifter utgit av Videnskapsselskapet i Kristiania. I, Matematisk-naturvidenskabelig klasse. (Skrifter utgit av Videnskapsselskapet i Kristiania. I, Matematisk-naturvidenskabelig klasse)*, 1921, vol. 8, pp. 163–170.
18. Gasparik T. *American Mineralogist (American Mineralogist)*, 1986, vol. 71, no. 5–6, pp. 686–693.
19. Gasparik T. *Contributions to Mineralogy and Petrology (Contributions to Mineralogy and Petrology)*, 1989, vol. 102, no. 4, pp. 389–405.
20. Knapp N., Woodland A. B., Klimm K. *European Journal of Minerals (European Journal of Minerals)*, 2013, no. 25, pp. 579–596.
21. Kushiro I. *Mineralogy Society of America. Special (Mineralogy Society of America. Special)*, 1969, no. 2, pp. 179–191.
22. Mirvald P. W., Getting I. C., Kennedy G. C. *Journal of Geophysical Research (Journal of Geophysical Research)*, 1975, vol. 86, no. 11, pp. 1519–1525.
23. Richet P., Mysen B., Ingrin J. *Physics and Chemistry of Minerals (Physics and Chemistry of Minerals)*, 1998, no. 25, pp. 401–414.
24. Surkov N. V., Dарменко O. L. *Experiment in Geoscience (Experiment in Geoscience)*, 2001, vol. 10, no. 1, pp. 33–34.

#### Коротко об авторах

---

*Банушкина Софья Викторовна*, мл. научный сотрудник, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия. Область научных интересов: петрология, магматизм, экспериментальные исследования при высоких давлениях, физико-химический анализ  
banushkinasv@igm.nsc.ru

*Сурков Никита Викторович*, канд. геол.-минер. наук, доцент, ст. науч. сотрудник, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия. Область научных интересов: петрология, магматизм, экспериментальные исследования при высоких давлениях, физико-химический анализ  
diagrams@igm.nsc.ru

*Голицына Зоя Фридриховна*, аспирант, инженер-исследователь, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия. Область научных интересов: петрология, минералогия, кристаллография, экспериментальные исследования при высоких давлениях, физико-химический анализ  
zoe.zhurko@gmail.com

---

**Briefly about the authors**

---

*Sofya Banushkina*, research assistant, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. Sphere of scientific interests: petrology, magmatism, experimental investigations at high pressures, physics-chemical analysis

*Nikita Surkov*, candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor, senior researcher, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. Sphere of scientific interests: petrology, magmatism, experimental investigations at high pressures, physics-chemical analysis

*Zoe Golitsyna*, postgraduate, research engineer, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. Sphere of scientific interests: petrology, mineralogy, crystallography, experimental investigations at high pressures, physics-chemical analysis

---

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН при финансовой поддержке  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

---

**Образец цитирования**

---

*Банушкина С. В., Сурков Н. В., Голицына З. Ф. Особенности плавления фаз в сечении диопсид-кальциевая молекула Эскола в интервале давлений 1 кгс/см<sup>2</sup> – 20 кбар // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 6–17. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-6-17.*

*Banushkina S., Surkov N., Golitsyna Z. Melting features of phases in the diopside-Calcium molecule of Escola section in the pressure range 1 kgs/sm<sup>2</sup> – 20 kbar // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no.7, pp. 6–17. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-6-17.*

Статья поступила в редакцию: 21.01. 2019 г.

Статья принята к публикации: 03.09. 2019 г.

УДК 504.054  
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-18-26

## ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ *SUS SCROFA DOMESTICUS* В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

### SPECIFICATIONS OF A CHEMICAL COMPOSITION OF THE DIGESTIVE SYSTEM OF *SUS SCROFA DOMESTICUS* UNDER TECHNOLOGICAL ENVIRONMENTAL IMPACT



**А. И. Беляновская,**  
Томский политехнический  
университет, г. Томск  
alexandra.belyanovskaya@ensam.eu



**Н. В. Барановская,**  
Томский политехнический  
университет, г. Томск  
nata@tpu.ru



**Б. Ларатт,**  
Национальная высшая школа  
искусств и ремёсел, г. Бордо  
bertrand.laratte@u-bordeaux.fr



**Н. Перри,**  
Национальная высшая школа  
искусств и ремёсел, г. Бордо  
nicolas.perry@u-bordeaux.fr

**A. Belyanovskaya,**  
Tomsk Polytechnic University,  
Tomsk

**N. Baranovskaya,**  
Tomsk Polytechnic University,  
Tomsk

**B. Laratte,**  
National Higher School of Arts  
and Crafts, Bordeaux

**N. Perry,**  
National Higher School of Arts  
and Crafts, Bordeaux

**А**ктуальность работы определяется необходимостью расширения знаний об особенностях концентрирования и распределения химических элементов в органах и тканях млекопитающих как индикаторов потенциального негативного воздействия на здоровье населения. Рассматривается влияние техногенного воздействия окружающей среды на формирование элементного состава организма млекопитающего на примере органов и тканей свиньи домашней (*Sus scrofa Domesticus*), отобранных на территории города Экибастуза Павлодарской области Республики Казахстан. Изучаются закономерности концентрирования химических элементов в пищеварительной системе в целом и отдельных её компонентах, в частности. Особо отмечается аккумуляция As, Vg в ротоглотке, Lu в желудке, Rb, U в тонком кишечнике, Sb в толстом кишечнике, Au, Ag в прямом кишечнике. Доказано, что пищеварительная система свиньи домашней реагирует на антропогенное воздействие, образуя мощные биохимические барьеры. Концентрация химических элементов меняется в зависимости от участка желудочно-кишечного тракта, по мере изменения кислотно-щелочного баланса и в зависимости от физиологической функции исследованных органов. Доказано, что характер промышленного воздействия находит отражение в химическом составе биологических материалов свиньи домашней. Органы желудочно-кишечного тракта активно накапливают тяжёлые, редкоземельные (Lu, Ce, La), радиоактивные металлы (Th, U) и мышьяк. Химическая близость организма свиньи домашней к человеческому и аналогия поведения химических элементов в организмах млекопитающих в целом дают основание предполагать, что выявленные закономерности могут быть отнесены и к человеку, однако данное предположение требует дальнейшей доработки

**Ключевые слова:** радиоактивные элементы; редкоземельные элементы; инструментальный нейтронно-активационный анализ; техногенез; живое вещество; геохимические барьеры; свинья домашняя *Sus Scrofa Domesticus*; геохимия живого вещества; добывающая промышленность; город Экибастуз

The relevance of the work is determined by the need to expand knowledge about the characteristics of the concentration and distribution of chemical elements in the organs and tissues of mammals, as indicators of the potential negative impact on the health of the population. The article discusses the influence of anthropogenic environmental impact on the formation of the elemental composition of a mammalian organism on the example of the domestic pig organs and tissues (*Sus scrofa Domestica*) sampled in the city of Ekibastuz, Pavlodar region of the Republic of Kazakhstan. The article studies the laws of concentration of chemical elements in the digestive system as a whole and its individual components. The accumulation of As, Br, in the oropharynx, Lu in the stomach, Rb, U in the small intestine, Sb in the large intestine, Au, Ag in the rectum is especially noted. It is proved that the digestive system of a domestic pig reacts to human impact, forming powerful biochemical barriers. The concentration of chemical elements varies depending on the part of the gastrointestinal tract, as the acid-base balance changes and depending on the physiological function of the organs studied. It has been proven that the nature of industrial exposure is reflected in the chemical composition of domestic pig biological materials. The organs of the gastrointestinal tract actively accumulate heavy, rare-earth (Lu, Ce, La), radioactive metals (Th, U) and arsenic. The chemical affinity of a domestic pig organism composition to a human and the analogy of the behavior of chemical elements in mammals in general suggests that current tendencies can be attributed to humans, however this assumption requires further refinement

**Key words:** radioactive elements; rare earth elements; instrumental neutron-activation analysis; technogenesis; living matter; geochemical barriers; domestic pig *Sus Scrofa Domestica*; geochemistry of living matter; mining industry; Ekibastuz city

**В**ведение. Преобразование компонентов окружающей среды в ходе техногенеза, обусловленное бурным развитием промышленности, сформировало центральную проблему современной экологии – проблему загрязнения окружающей среды. Техногенез, как процесс, неотрывно связанный с человеческой деятельностью, определяется совокупностью геохимических и геофизических процессов. Одним из главных его аспектов является рассеяние вовлечённых в техногенез элементов в окружающей среде и их последующее избыточное поступление, примером которого служат выбросы в атмосферу продуктов сгорания, загрязнение почв и водоёмов промышленными стоками. Данное воздействие является преимущественно негативным и изменяет естественные природные сообщества и организмы. В результате чего организмы вынуждены адаптироваться к негативному воздействию, формируя защитные механизмы, так называемые биогеохимические барьеры, которые образуются под влиянием факторов внутренней среды и химических свойств элементов и отражают собой их воздействие [4].

В повышенном концентрировании потенциально опасных веществ в своих тканях с наблюдающейся после сменой биогеохимической обстановки заключается функция биогеохимических барьеров организма. Среди существующих барьерных систем организма особо выделяются слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта

и носоглотки. Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) как зона наиболее активного всасывания химических элементов является ярким примером барьерных функций организма. Высокое накопление химических элементов в органах пищеварительной системы, как правило, говорит о постоянном поступлении химического элемента извне, что может меняться в зависимости от потреблённого корма, питьевой воды, загрязнения и состава почвы, которые в свою очередь зависят от географического происхождения [10]. Концентрация металлов в организме животных и людей зависит не только от типа питания [14], физиологической функции органов и тканей [5] и генетических характеристик организма, но и от антропогенной нагрузки места проживания организма [6]. Таким образом, изучение концентраций химических элементов в организме свиньи является показательным для оценки антропогенного воздействия или исследований естественных аномалий в регионе. Химический состав органов и тканей свиньи домашней активно исследуется не только как более доступный, чем неорганические продукты, источник микроэлементов [12], но и как индикатор антропогенного преобразования окружающей среды [8] и как модель человеческого организма [9; 11]. При оценке антропогенного воздействия на живой организм органы и ткани свиньи домашней имеют значительное преимущество как биоиндикатор в связи с простотой отбора проб и дальнейшей возможностью экстра-



поляции полученных результатов на организм человека.

*Методология и методика исследования.*

Для данного экспериментального исследования пробы органов и тканей выбрана особь свиньи женского пола возрастом около 6 месяцев. Для исследования выбраны органы каждого отдела кишечного тракта: 8 проб тонкого, 4 пробы толстого, 6 проб прямого кишечника, также отобраны образцы желудка и глотки (всего проанализировано 20 проб). Глотка включена в изучение желудочно-кишечного тракта в связи с анатомическим составом выстилающей её слизистой ткани, образующей и ЖКТ, и носоглотку. Она исследована как зона поступления не только воды и пищевых масс, но и воздуха. Органы и ткани отбирались сразу после забоя животного. Каждая проба массой 100 г упаковывалась в пластиковые пакеты, после чего замораживалась. Кровь отбиралась из аорты в пробирку Эппендорфа сразу после забоя животного и также подвергалась заморозке.

В качестве метода исследования выбран современный высокочувствительный и неструктурный вид анализа: инструментальный нейтронно-активационный (ИНАА), позволивший определить содержание 28 химических элементов. Химический анализ проб методом ИНАА проводился на Томском исследовательском ядерном реакторе «ИРТ-Т» в 2017 г. (аттестат аккредитации RA.RU.21АБ27 от 08.04.2015); аналитики – ст. науч. сотрудники А. Ф. Судыко и Л. Ф. Богутская. Статистический анализ полученных результатов проводился в программах Excel, Statistica 8. Рассчитаны такие показатели, как среднее арифметическое, максимум и минимум, стандартная ошибка. Коэффициент концентрации вычислялся как отношение содержания элемента в плаценте (С) к среднему содержанию элемента во всей выборке ( $C_{cp}$ ). По полученным показателям коэффициента концентрации (при  $K_k > 1$ ) составлялись геохимические ряды в порядке убывания значений.

*Исследуемая территория.* Город Экибастуз является актуальным примером зоны интенсивного антропогенного воздействия промышленных предприятий на окружающую среду. Павлодарская область – один из крупных индустриальных центров Республики Казахстан. По данным доклада о состоянии природной среды Республики Казах-

стан на долю города Экибастуз приходится 48 % выбросов в атмосферный воздух. На территории Павлодарской области сосредоточены предприятия машиностроения, металлообработки, химической и лёгкой промышленности, а также производства строительных материалов. Экибастуз характеризуется напряжённой экологической обстановкой в связи с широко развитой добывающей промышленностью (добыча угля) в непосредственной близости от городской зоны [3]. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории города являются тепловые электростанции, добыча угля [2]. В результате добычи угля происходит загрязнение компонентов экосистем техногенными веществами, такими как уголь, зола, пыль. На территории г. Экибастуз находятся крупные ТЭЦ, которые работают на экибастузском (местный), карагандинском и кузнецком (привозном) угле и мазуте.

*Результаты исследования и их обсуждения.* В рамках исследования проанализировано 6 органов, входящих в состав пищеварительной системы свиньи домашней. Изучено изменение химического состава пищеварительной системы в разных отделах желудочно-кишечного тракта. Из рис. 2 видно, что наибольшее содержание химических элементов отмечается в тканях толстого кишечника, также интерес вызывают определённые исключения.

Как уже отмечалось, всасывание большинства химических элементов происходит в стенках толстого кишечника, в то время как ткани желудка концентрируют наименьшее количество химических элементов. Такие элементы, как Na, Ca, Sr преимущественно накапливаются в тканях кольцевидного хряща гортани, что связано с биологическими особенностями строения хрящевой ткани. Rb и U концентрируются преимущественно в тканях тонкого кишечника. Аналогичное накопление Rb тканями тонкого кишечника по сравнению с другими органами желудочно-кишечного тракта ранее наблюдалось по результатам эксперимента, проведённого Отделом радиологического здоровья, Института общественного здравоохранения, г. Токио [13]. Предыдущие исследования желудочно-кишечного тракта свиньи домашней на территории Томской области [1] не выявили значительных различий в содержаниях U в компонентах желудочно-кишечного тракта,

однако тонкий кишечник и прямая кишка отличаются высокими содержаниями Rb.

Изменения в концентрациях химических элементов в зависимости от типа исследуемой ткани можно увидеть на примере таких химических элементов, так Ag, Au, Br, As (рис. 2). Изменения их концентраций мо-

жет отражать пути поступления, миграции и выведения. Так, концентрирование Br, As в глотке, которая является соединительным звеном между носовой и ротовой частью организма, может свидетельствовать о поступлении названных элементов с воздухом.

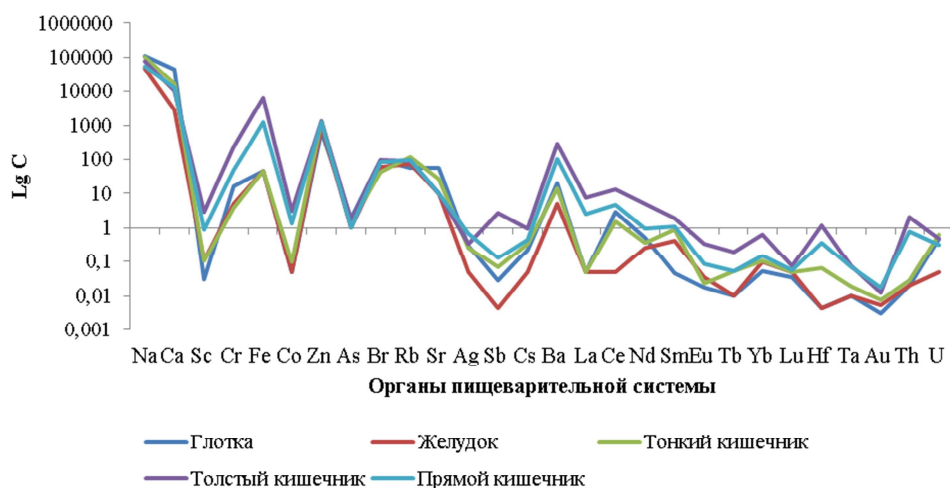


Рис. 1. Распределение химических элементов в пищеварительной системе свиньи домашней на территории г. Экибастуз, мг/кг / Fig. 1. The chemical elements distribution in the digestive system of *Sus scrofa domestica* on the territory of Ekibastuz city, mg/kg

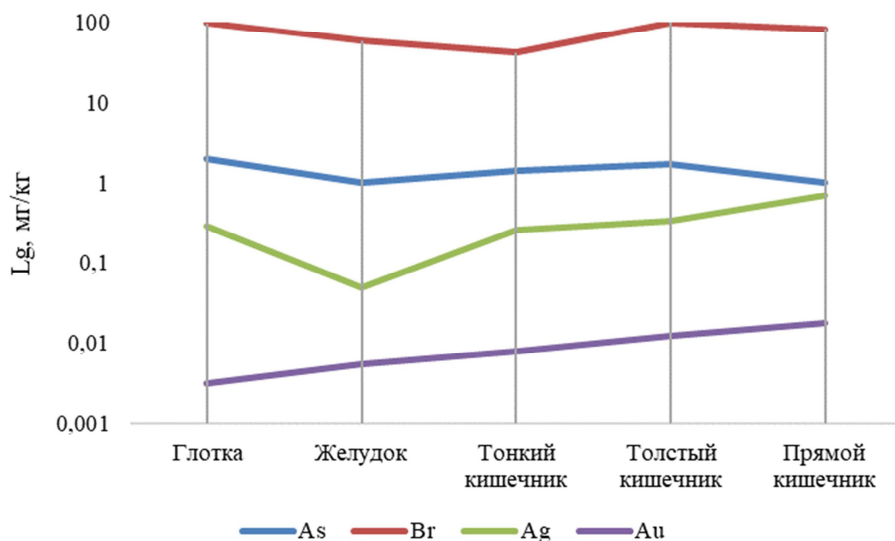


Рис. 2. Распределение Ag, Au, Br, As в пищеварительной системе свиньи домашней на территории г. Экибастуз, Lg (мг/кг) / Fig. 2. The distribution of chemical elements (Ag, Au, Br, As) in the digestive system of *Sus scrofa domestica* in the territory of Ekibastuz, Lg (mg/kg)

По мере прохождения через желудочно-кишечный тракт, содержание Au в тканях компонентов пищеварительной системы постепенно увеличивается от глотки до кишечника и достигает максимума в прямой кишке. Аналогичная ситуация наблюдается при детальном рассмотрении содержания Ag, однако в отличие от Au, минимально накапливающегося в области глотки, Ag достигает минимума в тканях желудка. Можно предположить, что Au, Ag как инертные металлы не вступают в химические реакции по мере прохождения

кишечного тракта, а выделяются вместе с каловыми массами.

В ходе исследования отмечено, что элементы с разной валентностью концентрируются в разных отделах желудочно-кишечного тракта в зависимости от pH среды (рис. 3). Так, элементы с постоянной валентностью на примере Rb и другие щелочноземельные и щелочные элементы, такие как Ca, Na, Sr, концентрируются в большей степени в частях желудочно-кишечного тракта, имеющих высокий водородный показатель, коррелируя с изменением pH.

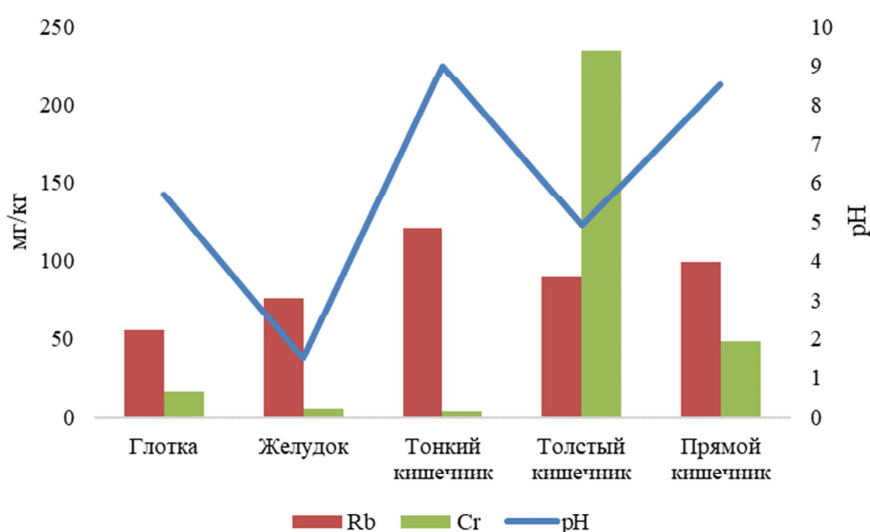


Рис. 3. Распределение химических элементов с постоянной (Rb) и переменной (Cr) валентностью в пищеварительной системе свиньи домашней на территории г. Экибастуз, мг/кг / Fig. 3. The distribution of chemical elements with variable (Rb) and constant (Cr) valence in the digestive system of the *sus scrofa domesticus* in the city of Ekibastuz, mg/kg

Элементы же с переменной валентностью проявляют обратную зависимость. Так, на участках желудочного тракта с самым высоким показателем pH (тонкий кишечник) отмечается минимальный коэффициент концентрации таких элементов с переменной валентностью как Cr, и аналогично для Fe, Co, Yb. Максимальные коэффициенты концентрации этих элементов обнаруживаются в тканях толстого и прямого кишечника. На примере названных элементов можно отметить влияние такого биологического барьера, как резкое изменение водородного показателя на концентрирование элементов различных химических групп.

Другим показательным инструментом при изучении миграции элементов внутри

изучаемой системы органов является построение биогеохимических рядов. В ходе исследования изучены ткани желудочно-кишечного тракта каждого отдела кишечника, исследованы первые и последние 100 см каждой части, как части системы, отвечающие за введение и выведение элементов из органа и организма в целом (см. таблицу).

Биогеохимические ряды, представленные в таблице, наглядно показывают, какие элементы накапливаются в пищеварительной системе и в какой её части. Такие химические элементы, как Sr и Ca накапливаются в ротоглотке, что может быть связано с хрящевым строением данного органа. Накопление As, Br может быть связано с поступлением данных элементов преимущественно

воздушным путём. В накоплении мышьяка может иметь значение образ жизни исследуемого животного. В связи с тем, что свиньи часто роют землю, не исключается факт проглатывания частиц почвы, и

как следствие – поступление элементов из загрязнённой почвы. Согласно данным, представленным в статье Ж. Х. Сембаева, содержание мышьяка в среднем в почвах г. Экибастуз превышает 0,5 ПДК [3].

*Специфика накопления элементов в желудочно-кишечном тракте свиньи домашней Павлодарской области относительно среднего содержания в организме / Specificity of elements accumulation in the digestive tract of the sus scrofa domesticus in the Pavlodar region relative to the average content in the body*

Орган/Organ	Расстояние, см / Distance	Ряд концентрации элементов / Concentration ranking
Глотка/Pharynx	-	Sr <sub>2,0</sub> -Ca <sub>1,6</sub> -As <sub>1,4</sub> -Na <sub>1,1</sub> -Br <sub>1,1</sub> -U <sub>1,1</sub>
Желудок/Stomach	-	Lu <sub>1,05</sub>
Тонкий кишечник/ Small intestine	100	Sr <sub>1,6</sub> -Rb <sub>1,3</sub> -Lu <sub>1,2</sub> -Na <sub>1,7</sub> -Zn <sub>1,0</sub>
	200	U <sub>1,9</sub> -Rb <sub>1,3</sub> -Zn <sub>1,2</sub> -As <sub>1,2</sub> -Tb <sub>1,0</sub> -Na <sub>1,0</sub> -Sm <sub>1,0</sub> -Cs <sub>1,0</sub>
Толстый кишечник/Colon	300	Sb <sub>10,8</sub> -La <sub>5,5</sub> -Hf <sub>5,2</sub> -Th <sub>5,1</sub> -Sc <sub>5,1</sub> -Ba <sub>5,0</sub> -Eu <sub>5,0</sub> -Tb <sub>4,7</sub> -Yb <sub>4,4</sub> -Co <sub>3,8</sub> -Ce <sub>3,2</sub> -Cs <sub>2,8</sub> -Fe <sub>2,7</sub> -Lu <sub>2,5</sub> -Ta <sub>2,3</sub> - Sm <sub>2,0</sub> -As <sub>1,7</sub> -Br <sub>1,2</sub> -Zn <sub>1,2</sub> -U <sub>1,1</sub> -Rb <sub>1,1</sub>
	400	Sb <sub>10,9</sub> -Cr <sub>9,2</sub> -Nd <sub>8,2</sub> -La <sub>4,9</sub> -Sc <sub>4,8</sub> -Co <sub>4,8</sub> -Ba <sub>4,8</sub> -Hf <sub>4,5</sub> -Eu <sub>4,2</sub> -Tb <sub>4,1</sub> -Th <sub>4,0</sub> -Yb <sub>3,0</sub> -Ce <sub>2,9</sub> -Fe <sub>2,8</sub> -Ta <sub>2,3</sub> - Cs <sub>2,0</sub> -U <sub>1,7</sub> -Zn <sub>1,4</sub> -Br <sub>1,1</sub> -Lu <sub>1,0</sub> -Rb <sub>1,0</sub>
Прямая кишка/ Rectum	500	Hf <sub>2,5</sub> -Sc <sub>2,4</sub> -Co <sub>2,4</sub> -Ba <sub>2,3</sub> -Ta <sub>2,0</sub> -Ag <sub>1,9</sub> -Th <sub>1,9</sub> -Nd <sub>1,7</sub> -La <sub>1,7</sub> -Eu <sub>1,6</sub> -Au <sub>1,6</sub> -Ce <sub>1,5</sub> -Sm <sub>1,3</sub> -Zn <sub>1,2</sub> -Rb <sub>1,2</sub> - Cs <sub>1,1</sub> -Lu <sub>1,1</sub> -Tb <sub>1,0</sub>
	600	La <sub>1,9</sub> -Th <sub>1,9</sub> -Co <sub>1,6</sub> -Ta <sub>1,2</sub> -Lu <sub>1,2</sub> -Cs <sub>1,2</sub> -Cr <sub>1,2</sub> -Sc <sub>1,1</sub> -Ce <sub>1,1</sub> -Ba <sub>1,1</sub> -Yb <sub>1,1</sub> -U <sub>1,0</sub> -Eu <sub>1,0</sub> -Sm <sub>1,0</sub> -Br <sub>1,0</sub>

Сравнение биогеохимических рядов показывает, что каждый отдел кишечного тракта проявляет свои индивидуальные особенности, концентрируя специфичные элементы. Зоной наиболее активного поглощения практически всех химических элементов остаётся толстый кишечник. В тканях же тонкого кишечника обнаруживается максимальный коэффициент концентрации U во всей выборке. Отличительной особенностью прямого кишечника является высокий коэффициент концентрации Hf, Sc, Co, Ba (Cc>2) в верхнем отделе и La, Th, Co – в нижнем (Cc>1,5). Стенки прямого кишечника активно концентрируют благородные металлы (Au и Ag), а также редкоземельные элементы (La, Sm, Eu, Lu), из всей выборки коэффициент концентрации этих металлов превышает единицу лишь в пробах прямого кишечника, что может объясняться их низкой физиологической активностью.

Представленная таблица показывает, что U способен накапливаться практически во всех изученных компонентах пищеварительной системы, за исключением желудка,

и достигает максимальной концентрации в первых 100 м тонкого кишечника. Следует отметить накопление Th тканями толстого и прямого кишечника и низкое концентрирование этого металла в других изученных тканях пищеварительной системы. Более детальное рассмотрение содержания Th, U в тканях кишечного тракта подтверждает отмеченные ранее закономерности накопления данных элементов и более наглядно показывает специфику их распределения.

Диаграммы демонстрируют, что концентрация тория остаётся минимальной в тонком кишечнике, затем резко увеличивается в толстом кишечнике, снижается в прямом, и практически не меняется после. Основной функцией толстого кишечника является всасывание воды и электролитов, и факт концентрирования тория именно этим отделом кишечного тракта позволяет нам предположить, что данный металл поступает в организм в водорастворимой форме, и последовательно всасывается стенками кишечника образуя биохимический барьер, препятствующий проникновению данного элемента в

кровь. У преимущественно накапливается в верхнем отделе тонкого кишечника, концентрация данного металла в кишечном тракте более равномерна, однако она резко снижается от тонкого кишечника к верхнему отделу прямого кишечника и постепенно повышается в нижнем отделе. Поступающие в организм соединения урана безбарьерно проникают в кровь сквозь стенки тонкого кишечника, так как тонкий кишечник является основной зоной всасывания продуктов пищеварения,

большинства перорально введённых лекарственных веществ, ядов и токсинов в кровеносные и лимфатические капилляры [7]. Изменение коэффициентов концентрации Th, U хорошо отражает смену внутренней среды организма, а именно водородного показателя (рис. 4). Таким образом, кислотность среды является ещё одним фактором, оказывающим воздействие на распределение химических элементов в желудочно-кишечном тракте свиньи домашней.

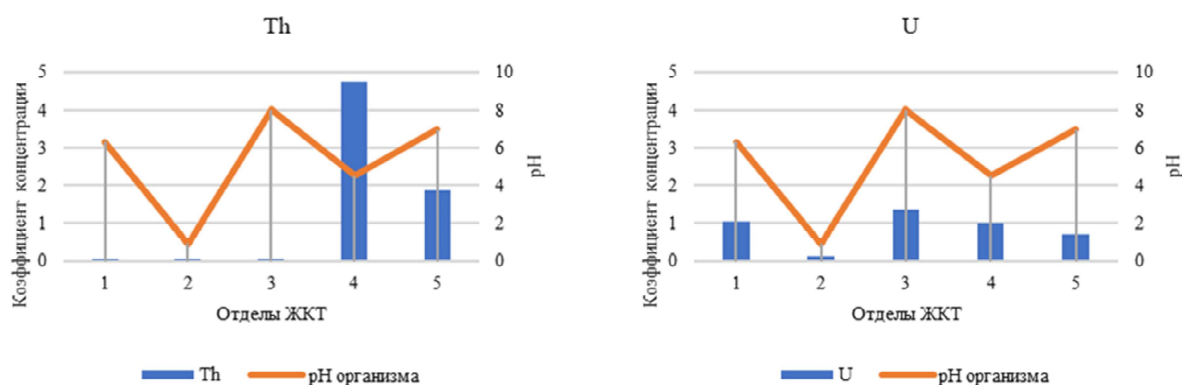


Рис. 4. Коэффициент концентрации Th, U в тканях кишечника свиньи домашней: 1 – глотка; 2 – желудок; 3 – тонкий кишечник; 4 – толстый кишечник; 5 – прямая кишка / Fig. 4. The concentration ratio of Th, U in the intestinal tissues of the pig Note: 1 – pharynx; 2 – stomach; 3 – small intestine; 4 – colon; 5 – rectum

**Выводы.** Результаты проведённого исследования показывают, что пищеварительная система свиньи домашней реагирует на антропогенное воздействие, образуя мощные биохимические барьеры. Концентрация химических элементов меняется в зависимости от участка желудочно-кишечного тракта, по мере изменения кислотно-щелочного баланса и в зависимости от физиологической функции исследованных органов. Ярким примером является повышенное концентрирование химических элементов тканями толстого кишечника, как зоны всасывания воды и электролитов, препятствующее чрезмерному попаданию металлов в кровь. Барьерную функцию толстого кишечника подтверждает факт концентрирования его тканями 21 из 28 изученных химических элементов. Мышьяк и бром, как летучие токсичные элементы, поступающие в организм преимущественно через органы дыхания, концентрируются в тканях глотки. В общем, наблюдается тен-

денция увеличения количества концентрируемых элементов по мере прохождения кишечного тракта, что может отражать пути их выведения из организма вместе с калом. Схожие процессы ранее отмечены в работах Н. В. Барановской при изучении элементного состава тканей свиньи домашней, выращенной в условиях разной техногенной нагрузки. Характер промышленного воздействия находит своё отражение в химическом составе биологических материалов свиньи домашней. Органы желудочно-кишечного тракта активно накапливают тяжёлые, редкоземельные, радиоактивные металлы и мышьяк. Химическая близость организма свиньи домашней к человеческому и аналогия поведения химических элементов в организмах млекопитающих в целом дают основание предполагать, что выявленные закономерности могут быть отнесены и к человеку, однако данное предположение требует дальнейшей доработки.



**Список литературы**

1. Барановская Н. В., Рихванов Л. П. Элементный состав органов и тканей домашних животных (*Sus scrofa domestica* (Artiodactyla, Mammalia)) как индикатор состояния среды обитания // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2011. № 3. С. 78–84.
2. Русина Е. Ю. Техногенная трансформация растительности на территории экибастузского угольного бассейна // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: материалы XXXI международной студенческой научно-практической конференции. Новосибирск, 2018.
3. Сембаев Ж. Х. Экологическая характеристика состояния окружающей среды г. Экибастуз // Вестник Казанского Национального медицинского университета. 2014. № 3. С. 225–230.
4. Baranovskaya N., Belyanovskaya A., Bezel V., Mukhacheva S., Anufrieva, M. Chemical composition of the small mammal reproductive system as an indicator of enterprise technogenic impact on the environment // IOP Conference. Series Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 43.
5. Carpenè E., Andreani G., Isan G. A 40-year experience // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Trace elements in unconventional animals. 2017. No. 43. P. 169–179.
6. Durkalec M., Nawrocka A., Krzysiak M., Larska M., Kmiecik M., Posyniak A. Trace elements in the liver of captive and free-ranging European bison (*Bison bonasus* L.) // Chemosphere. 2018. No. 193. P. 454–463.
7. Gastroscan. URL: <http://www.gastroscan.ru/handbook/117/406> (дата обращения: 09.03.2019). Текст: электронный.
8. Huang L., Chen T., Xiuwen H., Yang H., Wang C., Liu M., Yao M. Determination of heavy metal chromium in pork by laser-induced breakdown spectroscopy // Journal of the Optical Society of America. 2017. Vol. 56. pp. 24–28.
9. Meurens F., Summerfield A., Nauwynck H., Saif L., Gerdtts V. The pig: a model for human infectious diseases // Trends Microbiol. 2012. No. 20. P. 50–57.
10. Park Y. M., Lee C. M., Hong J. H., Jamila N., Khan N., Jung J. H., Jung Y. C., Kim K. S. Origin discrimination of defatted pork via trace elements profiling, stable isotope ratios analysis, and multivariate statistical techniques // Meat Science. 2018. No. 143. P. 93–103.
11. Pu Y., Tang F., Adam P. M., Laratte B., Ionescu R. E. Fate and characterization factors of nanoparticles in seventeen subcontinental freshwaters: a case study on copper nanoparticles // Environmental Science Technology. 2016. No. 50. P. 9370–9379.
12. Wang M. Q., Wang C., Du Y. J., Li H., Tao W. J., Ye S. S., He Y. D., Chen S. Y. Effects of chromium-loaded chitosan nanoparticles on growth, carcass characteristics, pork quality, and lipid metabolism in finishing pigs // Livestock Science. 2014. No. 161. P. 123–129.
13. Yamagata N. The Concentration of Common Cesium and Rubidium in Human Body // Journal of Radiation Research. 1962. No. 3. P. 21.
14. Zhao Y., Wang D., Yang S. Effect of organic and conventional rearing system on the mineral content of pork // Meat Science. 2016. No. 118. P. 103–107.

**References**

1. Baranovskaya N. V., Rikhvanov L. P. *Problemy biogeohimii i geohimicheskoy ekologii* (Problems of Biogeochemistry and Geochemical Ecology), 2011, no. 3, pp. 78–84.
2. Rusina E. Yu. *Nauchnoe sobshchestvo studentov XXI stoletiya. Estestvennye nauki: materialy XXXI mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Scientific community of students of the XXI century. Natural sciences: materials of the XXXI international student scientific-practical conference). Novosibirsk, 2018.
3. Sembaev J. Kh. *Vestnik Kazanskogo Natsionalnogo meditsinskogo universiteta* (Bulletin of the Kazan National Medical University), 2014, no. 3, pp. 225–230.
4. Baranovskaya N., Belyanovskaya A., Bezel V., Mukhacheva S., Anufrieva M. *IOP Conference. Series Earth and Environmental Science* (IOP Conference. Series Earth and Environmental Science), 2016, vol. 43.
5. Carpenè E., Andreani G., Isan G. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Trace elements in unconventional animals* (Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Trace elements in unconventional animals), 2017, no. 43, pp. 169–179.
6. Durkalec M., Nawrocka A., Krzysiak M., Larska M., Kmiecik M., Posyniak A. *Chemosphere* (Chemosphere), 2018, no. 193, pp. 454–463.
7. *Gastroscan* (Gastroscan). URL: <http://www.gastroscan.ru/handbook/117/406> (Date of access 09.03.2019). Text: electronic.
8. Huang L., Chen T., Xiuwen H., Yang H., Wang C., Liu M., Yao M. *Journal of the Optical Society of America* (Journal of the Optical Society of America), 2017, vol. 56, pp. 24–28.

9. Meurens F., Summerfield A., Nauwynck H., Saif L., Gerdtts V. *Trends Microbiol* (Trends Microbiol), 2012, no. 20, pp. 50–57.
10. Park Y. M., Lee C. M., Hong J. H., Jamila N., Khan N., Jung J. H., Jung Y. C., Kim K. S. *Meat Science* (Meat Science), 2018, no. 143, pp. 93–103.
11. Pu Y., Tang F., Adam P. M., Laratte B., Ionescu R. E. *Environmental Science Technology* (Environmental Science Technology), 2016, no. 50, pp. 9370–9379.
12. Wang M. Q., Wang C., Du Y. J., Li H., Tao W. J., Ye S. S., He Y. D., Chen S. Y. *Livest. Science* (Livest. Science), 2014, no. 161, pp. 123–129.
13. Yamagata N. J. *Journal of Radiation Research* (Journal of Radiation Research), 1962, no. 3, pp. 21.
14. Zhao Y., Wang D., Yang S. *Meat Science* (Meat Science), 2016, no. 118, pp. 103–107.

### Коротко об авторах

---

*Беляновская Александра Игоревна*, аспирант, Томский политехнический университет, г. Томск, Россия; Национальная высшая школа искусств и ремёсел, г. Бордо, Франция. Область научных интересов: геохимия живого вещества, экотоксикология  
alexandra.belyanovskaya@ensam.eu

*Барановская Наталья Владимировна*, д-р биол. наук, доцент, профессор Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета, г. Томск, Россия. Область научных интересов: геохимия живого вещества, экотоксикология  
nata@tpu.ru

*Ларатт Бертран*, доцент Национальной высшей школы искусств и ремёсел, г. Бордо, Франция. Область научных интересов: геохимия живого вещества, экотоксикология  
bertrand.laratte@u-bordeaux.fr

*Перри Николя*, профессор Национальной высшей школы искусств и ремёсел, г. Бордо, Франция. Область научных интересов: геохимия живого вещества, экотоксикология  
nicolas.perry@u-bordeaux.fr

### Briefly about the authors

---

*Alexandra Belyanovskaya*, postgraduate, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia; student, National Higher School of Arts and Crafts Bordeaux France (Arts et Metiers ParisTech, Bordeaux). Sphere of scientific interests: geochemistry of living matter, ecotoxicology

*Natalya Baranovskaya*, doctor of biological sciences, associate professor, professor of the Engineering School of Natural Resources of Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. Sphere of scientific interests: geochemistry of living matter, ecotoxicology

*Bertrand Laratte*, associate professor, National Higher School of Arts and Crafts of Bordeaux France (Arts et Metiers ParisTech, Bordeaux). Sphere of scientific interests: geochemistry of living matter, ecotoxicology

*Nicolas Perry*, professor, National Higher School of Arts and Crafts in Bordeaux France (Arts et Metiers ParisTech, Bordeaux). Sphere of scientific interests: geochemistry of living matter, ecotoxicology

### Образец цитирования

---

*Беляновская А. И., Барановская Н. В., Ларат Б., Перри Н. Особенности концентрирования химических элементов в пищеварительной системе *sus scrofa domesticus* в условиях техногенеза // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 18–26. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-18-26.*

*Belyanovskaya A., Baranovskaya N., Larat B., Perry N. Specifications of a chemical composition of the digestive system of *sus scrofa domesticus* under technological environmental impact // Transbaikalian State University Journal, 2019, vol. 25, no. 7, pp. 18–26. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-18-26.*

Статья поступила в редакцию: 24.05.2019 г.  
Статья принята к публикации: 03.09.2019 г.

УДК 553.495: 622.416  
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-27-33

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ УРАНОВЫХ РУДНИКОВ И ПУТИ ЕЕ УЛУЧШЕНИЯ

### RADIOECOLOGICAL SITUATION IN UNDERGROUND MINING WORKS OF URANIUM MINES AND WAYS OF ITS IMPROVEMENT



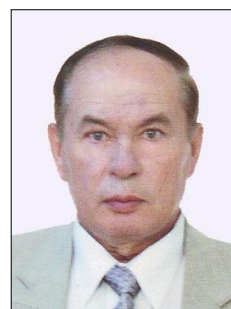
**Е. Т. Воронов,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
evgeniy.voronov.zabgu@mail.ru

**E. Voronov,**  
Transbaikal State University, Chita



**П. Б. Авдеев,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
chita-apb@yandex.ru

**P. Avdeev,**  
Transbaikal State University, Chita



**В. М. Герасимов,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
kafsmim@zabgu.ru

**V. Gerasimov,**  
Transbaikal State University, Chita

Одной из актуальных проблем при добыче природного урана подземным способом является обеспечение радиационной безопасности подземного персонала на основе снижения альфа- и гамма-облучения в очистных забоях. В статье дан анализ негативного воздействия радиоактивного газа радона и продуктов его распада на организм горнорабочего очистного забоя. Выделены особенности формирования радиоэкологической обстановки в зоне ведения подземных очистных работ. Дана оценка нисходящей слоевой системы разработки по влиянию радиационно-опасных факторов на персонал. Установлено, что данная система разработки наиболее безопасна по сравнению с другими системами, имеющими открытое очистное пространство. Главными факторами, обеспечивающими преимущество системы разработки, являются низкие показатели радоновыделения, объясняемые небольшой площадью рудной поверхности; сравнительно небольшой объем отбиваемой горнорудной массы; незначительная воздухопроницаемость рудного массива при шпуровой отбойке; относительно небольшой проветриваемый объем блока; существенно уменьшенная доза внешнего излучения в связи с наличием в кровле твердеющей закладки. В статье приведена схема вентиляции добычных блоков при использовании наиболее безопасной, с радиационной точки зрения, слоевой системы разработки с нисходящей выемкой и твердеющей закладкой. Предложена методика расчета воздухопотребности очистных блоков на базе использования фактических коэффициентов радоновыделения для урановых месторождений Стрельцовского рудного поля, получаемых на основе проведения воздушно-радоновых съемок. Выделены месторождения (участки) Стрельцовского рудного поля с наиболее высоким дебитом радоновыделения в рудничной атмосфере. Для практического использования приведены графики определения оптимальной воздухопотребности добычных блоков для конкретных эксплуатируемых урановых месторождений

**Ключевые слова:** месторождения урана; Стрельцовское рудное поле; слоевая система разработки; твердеющая закладка; очистной блок; радон; эманации; радиационный фактор; альфа-излучение; воздухопотребность; методика расчета; схема вентиляции блока

One of the urgent problems in the extraction of natural uranium by the underground method is to ensure the radiation safety of underground personnel by reducing alpha and gamma radiation in the face. The article analyzes

the negative effects of radioactive gas of radon and its decay products on the body of a mining face. The features of the formation of the radioecological situation in the zone of underground sewage treatment are highlighted. An assessment is given of a downstream layered development system by the influence of radiation-hazardous factors on personnel. It has been established that this development system is the safest in comparison with other systems having an open treatment space. The main factors providing the advantage of this development system are: low radon emission figures due to the small ore surface area; a relatively small volume of mined ore; low air permeability of the ore mass during blasting; relatively small ventilated volume of the block; significantly reduced external radiation dose due to the presence of a consolidating stowing in the roof. The article presents a ventilation scheme for mining blocks using the most radiation-safe layered development system with a downward notch and consolidating stowing. A technique is proposed for calculating the air demand of treatment units based on the use of actual radon emission factors for the uranium deposits of the Streltsovskoy ore field, obtained on the basis of airborne-radon surveys. Deposits (areas) of the Streltsovskoy ore field with the highest production rate of radon emission in the mine atmosphere have been identified. For practical use, graphs are given to determine the optimal air demand of mining blocks for specific exploited uranium deposits

**Key words:** uranium deposits; Streltsovskoe ore field; layered development system; consolidating stowing; treatment unit; radon; emanations; radiation factor; alpha radiation; air demand; calculation procedure; block ventilation scheme

При подземной разработке урановых месторождений одной из актуальных проблем является обеспечение безопасной радиологической обстановки подземного персонала с учетом целого комплекса опасных радиационных факторов. В первую очередь в категорию наиболее опасных факторов входит внутреннее альфа-облучение за счет попадания в органы дыхания продуктов распада радиоактивного газа радона ( $Rn_{222}$ ). Вследствие значительного периода полураспада радона, равного 3,82 сут, он аккумулируется в слабопрветриваемых горных выработках за счет фильтрационных процессов в зонах проведения добычных работ, вызывая формирование высоких концентраций радиоактивных аэрозолей, включающих радиоизотопы  $^{218}Po(RaA)$ ,  $^{214}Pb(RaB)$ ,  $^{214}Bi(RaC)$  [6; 7]. Попадая в органы дыхания, радиоактивные изотопы вызывают внутреннее облучение организма горняков, в результате возникают такие опасные заболевания, как рак легких, лейкемия, импотенция и др.

Исследованиями процесса выделения радона из горных пород занимался целый ряд ученых [4–8; 10–12], однако уверенное прогнозирование дебита радона остается сложной задачей, которая может быть успешно решена на основе метода аналогий при наличии значительного объема экспериментальных данных, собранных по каждому конкретному месторождению. Отсутствие надежной методики прогнозирования дебита радона в очистных блоках порождает избыточную воздухопотребность блоков и, сле-

довательно, значительные затраты на вентиляцию рудников [6; 8].

Для решения проблемы борьбы с радоном и продуктами его распада необходимо использовать комплекс технологических и аэродинамических мер, обеспечивающих сокращение дебита радона в атмосферу добычных блоков и его эффективный вынос из очистных заходок в исходящую струю общешахтной системы вентиляции рудника. Для обеспечения безопасных условий труда горнорабочих очистных забоев в условиях интенсивной эманации радона на урановых рудниках Забайкалья (ПАО «ППГХО») применяется наиболее безопасная в радиационном отношении слоевая система разработки с нисходящей выемкой и твердеющей закладкой (рис. 1).

Нисходящая слоевая система разработки с твердеющей закладкой – это увязанный во времени и пространстве комплекс подготовительных, нарезных, очистных и закладочных работ, обеспечивающий выемку рудного массива нисходящими слоями горизонтальных или слабонаклонных горных выработок под монолитной искусственной кровлей, созданной погашением вышележащего слоя твердеющей закладкой [3; 9].

Очистные работы включают шпуровую отбойку рудного массива, уборку отбитой горнорудной массы в рудоспуски, проветривание рабочих мест, крепление очистного пространства, выпуск и погрузку рудной массы из рудоспусков, установку в отработанных заходках изолирующих перемычек и заполнение выработанного пространства твердеющей закладкой.

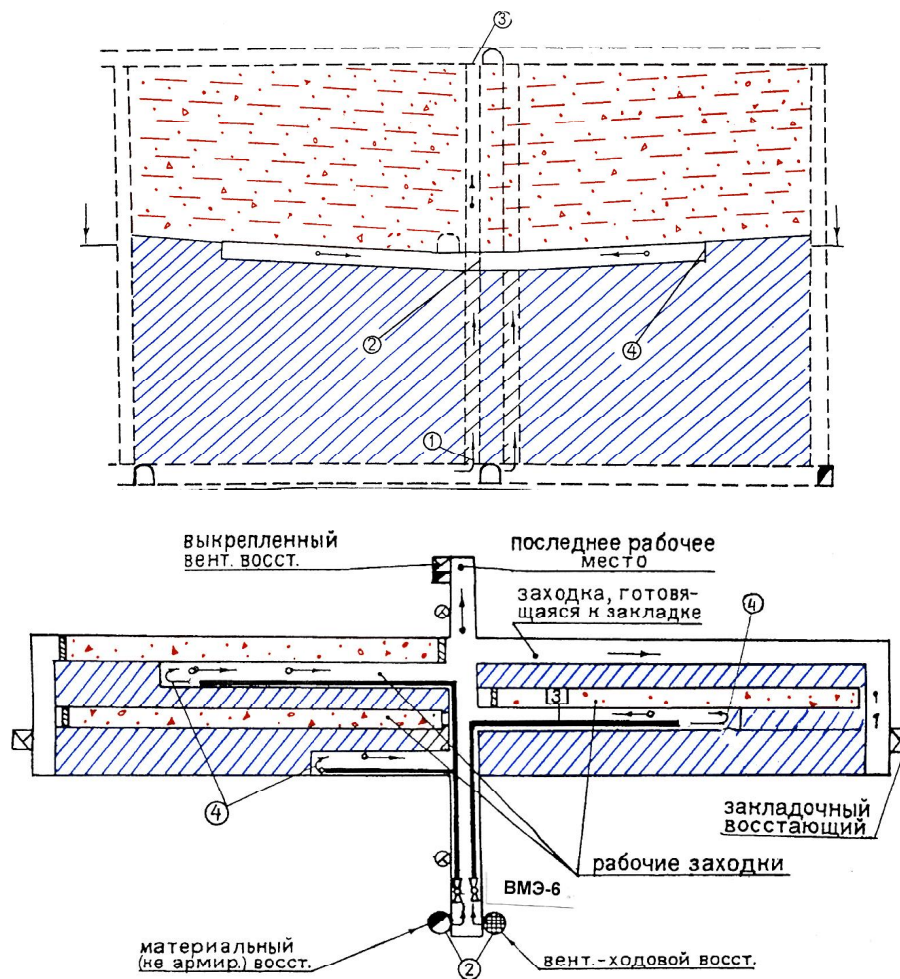


Рис. 1. Схема проветривания очистного блока при слоевой системе разработки с нисходящей выемкой и твердеющей закладкой / Fig. 1. The scheme of ventilation of the treatment unit in a layered development system with a downward notch and a consolidating stowing

Выемка первого слоя блока, а также очистных заходок на других слоях при несовпадении контуров рудных тел обрабатываемого слоя с контурами вышележащего слоя производится под естественной кровлей.

Данная система разработки адаптирована для эффективной выработки штокообразных, жилообразных, линзообразных и пластообразных урановых рудных тел как в устойчивых, так и в неустойчивых вмещающих рудных породах. Оптимальные параметры очистных блоков колеблются в следующих пределах: высота блока – 60 м; длина блока – 100...150 м; высота слоя – 3 м; угол наклона очистной заходки – 3...5°; ширина очистных заходок – 4 м.

Данная система разработки обеспечивает максимальную концентрацию очистных

горных работ, высокую производительность труда горнорабочих очистного забоя за счет эффективного использования самоходного технологического оборудования, а также максимальное сокращение площади обнажения урановых руд, из которых интенсивно эманурует радон. Слоевая система разработки нисходящими слоями с твердеющей закладкой широко применяется на урановых рудниках Забайкалья в условиях интенсивного выделения радона в рудничную атмосферу. Типовая схема проветривания очистного блока показана на рис. 1.

Свежий воздух за счет общешахтной депрессии попадает на слоевой орт по вентиляционно-ходовому восстающему. Тупиковые очистные заходки проветриваются вентиляторами местного проветривания (ВМЭ-6),

установленными в начале слоевого орта. Для нагнетания (подачи) свежего воздуха используется гибкий вентиляционный трубопровод типа ПВХ диаметром 600 мм. В каждую рабочую заходку подается не менее 3 м<sup>3</sup> свежего воздуха. Загрязненный воздух выдвигается на вентиляционный горизонт по блоковому вентиляционному восстающему.

Проветриваемый объем заходки в завершающей стадии ее проходки составляет обычно 300...700 м<sup>3</sup>. Вентилятор местного проветривания типа ВМЭ-6М позволяет подать в заходку до 6 м<sup>3</sup>/с свежего воздуха. Время полного воздухообмена очистной заходки находится в пределах 100...200 с.

Для нормализации радиоэкологической обстановки в рабочих забоях (очистных заходках) большое значение имеет расчет воздухопотребности очистных блоков с учетом радиационного фактора.

Расчет воздухопотребности очистных блоков с учетом дебита радоновыделения и содержания урана в рудах рекомендуется производить из условия обеспечения на рабочих местах блока допустимой величины скрытой энергии (ВСЭ), составляющей 1,2 кБк/м<sup>2</sup>, и фактических показателей коэффициентов удельного радоновыделения, получаемых в результате проведения воздушно-радоновых съемок на урановых рудниках Стрельцовского рудного поля (ПАО «ППГХО»).

Воздухопотребность по радону рекомендуется определять по формуле

$$Q = a \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{бл}} \cdot W_{\text{бл}} \cdot 1000}{E_{\text{д}}}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где  $a$  – коэффициент, зависящий от применяемой системы разработки (для системы «горизонтальные слои с закладкой»  $a$  принимается равным 0,016);

$W_{\text{бл}}$  – проветриваемый нормативный объем всех внутриблочных выработок, тыс. м<sup>3</sup> (при плановом развитии горных работ в блоке для отработки одного слоя рекомендуемый нормативный объем очистных выработок принимается в пределах  $2 \times 10^3 \dots 2,5 \times 10^3$  м<sup>3</sup>; при одновременной работе в блоке на двух слоевых горизонтах – в пределах  $4 \times 10^3 \dots 5 \times 10^3$  м<sup>3</sup>);  $D_{\text{бл}}$  – дебит радона в блоке, кБк/с;

Дебит радона блока рассчитывается по следующей формуле:

$$D_{\text{бл}} = K_{\text{у.р.}} \times W_{\text{бл.}} \times C_{\text{у}}, \text{ кБк/с}, \quad (2)$$

где  $C_{\text{у}}$  – содержание урана в руде, %;

$K_{\text{у.р.}}$  – коэффициент удельного радоновыделения, принимается: для рудника № 8 (месторождение «Малый Тулукуй») – 250 кБк/с, тыс. м<sup>3</sup>; для рудников № 1 и «Глубокий» (участки «Центральный», «Западный», «Восточный», «Глубокий») – 100 кБк/с, тыс. м<sup>3</sup>.

Допустимая величина скрытой энергии (ВСЭ)  $E_{\text{д}}$  в относительных единицах рассчитывается по формуле

$$E_{\text{д}} = \frac{20 - D_{\text{джан}}}{20(1 - 0,85 \cdot K_{\text{сиз}})}, \quad (3)$$

где 20 мЗв – допустимая годовая эффективная доза облучения персонала группы «А» в год;

$D_{\text{джан}}$  – эффективная доза облучения, обусловленная удельной активностью долгоживущих радионуклидов ряда урана – радия в рудничной пыли, мЗв/год;

$K_{\text{сиз}}$  – коэффициент использования по времени респиратора типа «лепесток» ( $K_{\text{сиз}}$  принимается в среднем 0,5);

0,85 – эффективность использования лепесткового респиратора в относительных единицах.

Эффективная доза  $D_{\text{джан}}$  рассчитывается по следующей формуле:

$$D_{\text{джан}} = \frac{C_{\text{джан}} \cdot 20 \cdot (1 - K_{\text{сиз}} \cdot 0,85)}{0,8}, \text{ мЗв}, \quad (4)$$

где  $C_{\text{джан}}$  – содержимое долгоживущих продуктов распада в воздухе, Бк/м<sup>3</sup>.

По данным выполненных расчетов и результатов проведенных радоновых съемок  $D_{\text{джан}}$  для урановых рудников Забайкалья колеблется в пределах 1,5...4,5 в зависимости от содержания урана в рудах, а величина ВСЭ ( $E_{\text{д}}$ ) в относительных единицах – в пределах 0,7...0,9 также в зависимости от содержания урана. Например, при содержании урана, равном 0,1 %,  $E_{\text{д}} = 0,9$ , при содержании урана 0,3 %, или более – 0,75...0,8. По данной методике выполнены расчеты воздухопотребности очистных блоков с учетом фактических дебитов радона. Результаты расчетов приведены на рис. 2 и 3.

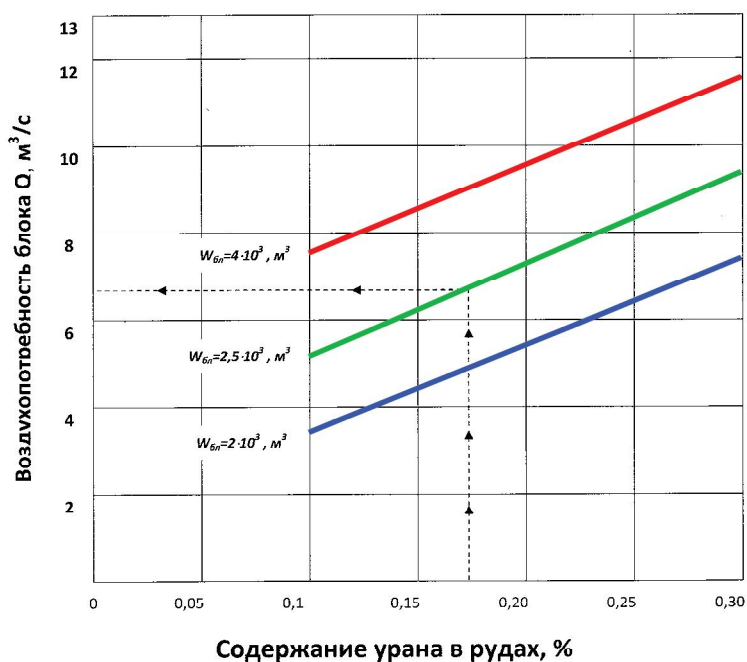


Рис. 2. График определения воздухопотребности очистного блока для проветривания зависимости от содержания урана и объема проветриваемых внутриблочных выработок (для рудника № 8 ПАО «ППГХО») / Fig. 2. Schedule for determining the air demand of the treatment unit for ventilation depending on the uranium content and the volume of ventilated intra-block workings (for mine No. 8 of PJSC PIMCU)

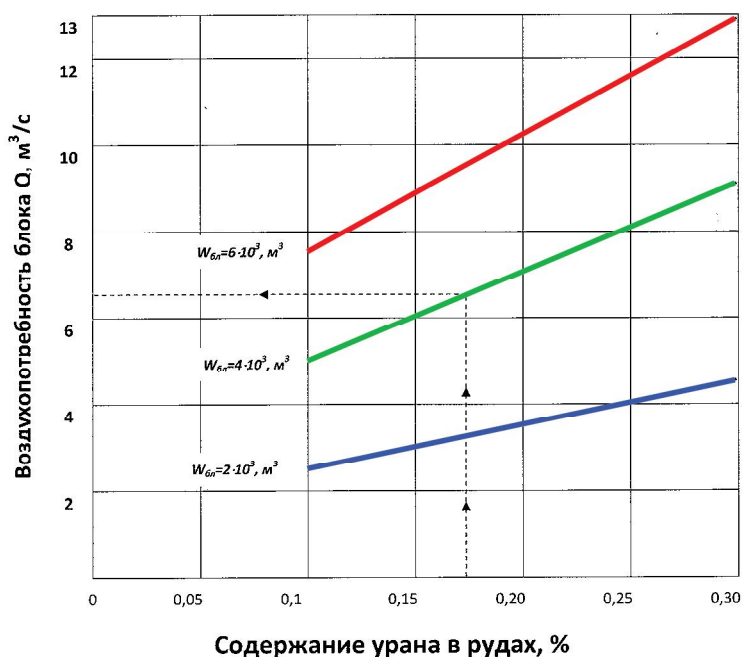


Рис. 3. График определения воздухопотребности очистного блока для проветривания зависимости от содержания урана в рудах и суммарного объема проветриваемых внутриблочных выработок (для рудников № 1 и «Глубокий» ПАО «ППГХО») / Fig. 3. Schedule for determining the air demand of the treatment unit for ventilation depending on the uranium content in ores and the total amount of ventilated intra-block workings (for mines No. 1 and Glubokiy of PJSC PIMCU)



Для обеспечения нормальной радиологической обстановки в рабочих забоях рекомендуется определять воздухопотребность очистных блоков с учетом реального дебита радоновыделения. По приведенным графикам (см. рис. 2 и 3) на основании анализа результатов расчета графиков воздухопотребности блоков в зависимости от содержания урана в рудах и суммарного объема проветриваемых внутриблочных выработок можно сделать следующие выводы.

При использовании для проветривания слоевых добычных горизонтов с использованием вентилятора ВМЭ-6 с максимальной производительностью 6...7 м<sup>3</sup>/с нормативный объем проветриваемых выработок для очистных блоков рудника № 8 (с высоким дебитом радоновыделения) не должен превышать 2×10<sup>3</sup> м<sup>3</sup>, а для рудников № 1 и «Глубокий» с более низким коэффициентом радоновыделения рекомендуемый нормативный объем внутриблочных рабочих выработок должен быть в пределах 3×10<sup>3</sup>...4×10<sup>3</sup> м<sup>3</sup>.

### Список литературы

1. Воронов Е. Т., Бондарь И. А. Влияние радиационного фактора на развитие геотехнологий подземной разработки урановых месторождений // Основные направления повышения качества обучения в вузе: межвузовский сборник научно-методических трудов. Чита: ЗаБИЖТ, 2010. С. 84–87.
2. Воронов Е. Т., Шурыгин С. В. Перспективы развития подземных геотехнологий для разработки урановых месторождений с учетом радиационного фактора // Вестник Забайкальского государственного университета. 2014. № 3. С. 3–9.
3. Галинов Ю. Н. Совершенствование технологии отработки блоков нисходящей слоевой выемкой с закладкой // Технический прогресс в атомной промышленности. Серия «Горно-металлургическая промышленность». М.: ЦНИИАтоминформ, 1984. № 3. С. 143–150.
4. Камнев Е. Н. Определение радонового дебита и воздухопотребности урановых рудников. Решение проблемы «Радон в жилищах» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № S7. С. 83–92.
5. Камнев Е. Н., Павлов И. В., Сизова А. О., Иванов В. Г., Тедеев М. Н., Приходько К. Н. Перспектива поиска «скрытых» рудных тел на урановых месторождениях путем измерения плотности потока радона на поверхности // Разведка и охрана недр. 2012. № 4. С. 22–25.
6. Павлов И. В., Камнев Е. Н. Исследование закономерностей выделения радона в рудничную атмосферу при разработке урановых месторождений Стрельцовского рудного поля // Горный журнал. 2009. № 4. С. 67–71.
7. Павлов И. В., Покровский С. С., Камнев Е. Н. Способы обеспечения радиационной безопасности при разведке и добыче урановых руд. М.: Энергоатомиздат, 1994. 256 с.
8. Салтыков Л. Д., Шалаев И. Л., Лебедев Ю. А. Радиационная безопасность при разведке и добыче урановых руд. М.: Энергоатомиздат, 1984. 145 с.
9. Чесноков Н. И., Петросов А. А., Шавченко Б. Ф. Разработка месторождений урана системами с твердеющей закладкой. М.: Энергоатомиздат, 1983. 205 с.
10. Шашкин В. Л., Пруткина М. И. Эманирование радиоактивных руд и минералов. М.: Атомиздат, 1979. 111 с.
11. Hornung R. W., Meihardt T. J. Quantitative risk assessment of lung cancer in U.S. uranium miners // Health Physics. 1987. Vol. 52, No. 4. P. 417–430.
12. Kamnev E. N., Morozov V. N., Tatarinov V. N., Kaftan V. I. Geodynamic aspects of investigations in underground research laboratory (Nizhnekansk massif) // Eurasian Mining. 2018. No. 2. P. 11–14.

### References

1. Voronov E. T. *Osnovnye napravleniya povysheniya kachestva obucheniya v vuze: mezhvuzovskiy sbornik nauchno-metodicheskikh trudov* (The main directions of improving the quality of education at a university: an inter-university collection of scientific and methodological works). Chita: Transbaikal Institute of Railway Transport, 2010, pp. 84–87.
2. Voronov E. T., Shurygin S. V. *Bulletin of the Transbaikal State University* (Bulletin of the Transbaikal State University), 2014, no. 3, pp. 3–9.
3. Galinov Yu. N. *Tekhnicheskij progress v atomnoy promyshlennosti. Seriya «Gorno-metallurgicheskaya promyshlennost»* (Technical progress in the nuclear industry. Series “Mining and metallurgical industry”). Moscow: Central Research Institute of Atominform, 1984, no. 3, pp. 143–150.



4. Kamnev E. N. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten (Mining informational and analytical bulletin)*, 2015, no. S7, pp. 83–92.
5. Kamnev E. N., Pavlov I. V., Sizova A. O., Ivanov V. G., Tedeev M. N., Prikhodko K. N. *Razvedka i ohrana nedr (Exploration and protection of mineral resources)*, 2012, no. 4, pp. 22–25.
6. Pavlov I. V., Kamnev E. N. *Gorny zhurnal (Mining Journal)*, 2009, no. 4, pp. 67–71.
7. Pavlov I. V., Pokrovsky S. S., Kamnev E. N. *Sposoby obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti pri razvedke i dobyche uranovykh rud (Methods for ensuring radiation safety in the exploration and mining of uranium ores)*. Moscow: Energoatomizdat, 1994. 256 p.
8. Saltykov L. D., Shalaev I. L., Lebedev Yu. A. *Radiatsionnaya bezopasnost pri razvedke i dobyche uranovykh rud (Radiation safety in the exploration and mining of uranium ores)*. Moscow: Energoatomizdat, 1984. 145 p.
9. Chesnokov N. I., Petrosov A. A., Shavchenko B. F. *Razrabotka mestorozhdeniy urana sistemami s tverdeyushchey zakladkoy (Development of uranium deposits by consolidating stowing)*. Moscow: Energoatomizdat, 1983. 205 p.
10. Shashkin V. L., Prutkina M. I. *Emanirovanie radioaktivnykh rud i mineralov (Emanation of radioactive ores and minerals)*. Moscow: Atomizdat, 1979. 111 p.
11. Hornung R. W., Meihardt T. J. *Health Physics (Health Physics)*, 1987, vol. 52, no. 4, pp. 417–430.
12. Kamnev E. N., Morozov V. N., Tatarinov V. N., Kaftan V. I. *Eurasian Mining (Eurasian Mining)*, 2018, no. 2, pp. 11–14.

### Коротко об авторах

---

*Воронов Евгений Тимофеевич*, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: геоэкология, экологическая и радиационная безопасность при разработке МПИ  
evgeniy.voronov.zabgu@mail.ru

*Авдеев Павел Борисович*, д-р техн. наук, профессор, декан горного факультета, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: геотехнология и безопасность ведения горных работ, рациональное использование природных ресурсов  
chita-apb@yandex.ru

*Герасимов Виктор Михайлович*, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой сопротивления материалов и механики, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: экологическая безопасность разработки МПИ, физические процессы горного производства  
kafsmim@zabgu.ru

### Briefly about the authors

---

*Evgeny Voronov*, doctor of technical sciences, professor, Honored Worker of Science, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: geoecology; environmental and radiation safety in the development of MPI

*Pavel Avdeev*, doctor of technical sciences, professor, dean of the Mining Faculty, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: geotechnology and mining safety; rational use of natural resources

*Victor Gerasimov*, doctor of technical sciences, professor, head of the Materials and Mechanics Resistance department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: environmental safety of the development of MPI, physical processes of mining

### Образец цитирования

---

*Воронов Е. Т., Авдеев П. Б., Герасимов В. М. Радиоэкологическая обстановка на подземных горных работах урановых рудников и пути ее улучшения // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 27–33. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-27-33.*

*Voronov E., Avdeev P., Gerasimov V. Radioecological situation in underground mining works of uranium mines and ways of its improvement // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no.7, pp. 27–33. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-27-33.*

Статья поступила в редакцию: 08.09.2019 г.  
Статья принята к публикации: 18.09.2019 г.

УДК 624.142  
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-34-44

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ИЗ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ПЕНОСТЕКЛОКЕРАМИКИ

### STUDY OF FREEZING GROUND WITH THE APPLICATION OF HEAT INSULATION GRANULAR FOAMED GLASS CERAMICS



**К. С. Иванов,**  
Институт криосферы Земли  
ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень  
sillicium@bk.ru

**K. Ivanov,**  
Earth Cryosphere Institute, Tyumen  
Scientific Center, SB RAS, Tyumen



**Д. Р. Галлямов,**  
Институт криосферы Земли  
ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень  
denis.galliamov1@yandex.ru

**D. Gallyamov,**  
Earth Cryosphere Institute, Tyumen  
Scientific Center, SB RAS, Tyumen



**З. Б. Дашинимаев,**  
ООО «Забтранспроект»,  
г. Чита  
9242742515zb@gmail.com

**Z. Dashinimaev,**  
Zabtransproekt Limited Liability  
Company, Chita

**С**троительство инженерных сооружений в районах с сезонным промерзанием требует специальных мероприятий по снижению глубины промерзания грунтов в основаниях. В работе освещаются меры снижения сезонного промерзания и морозного пучения грунтов. Одной из мер по снижению морозного пучения является теплозащита грунтов, то есть устройство теплоизоляционных (морозозащитных) слоёв в конструкциях оснований инженерных сооружений. Проведено лабораторное моделирование сезонного промерзания грунта на специально разработанной экспериментальной установке, представляющей собой теплоизолированный грунтовый лоток с возможностью создания вертикального температурного градиента и свободного подтока воды к фронту промерзания. Исследованы динамика температуры, деформаций и распределение влажности в промерзающем грунте с применением поверхностных теплоизоляционных слоёв из гранулированной пеностеклокерамики (ГПСК) и экструзионного пенополистирола (ЭППС) в сравнении с грунтом без теплоизоляции. Применение ГПСК и ЭППС в одинаковой мере способствовало формированию в грунте водно-теплового режима, существенно снижающего развитие деформаций морозного пучения, несмотря на промерзание части грунта. В результате установлено существенное снижение глубины промерзания грунта и отсутствие деформаций морозного пучения в случаях применения теплоизоляционных материалов. Полученные данные свидетельствуют о сохранении в ходе эксперимента равного термического сопротивления слоёв двух типов теплоизоляции, несмотря на их разное строение. Подтверждается стабильность значения теплопроводности ГПСК при поверхностной теплоизоляции грунта. Показана взаимосвязь деформаций морозного пучения с распределением температуры и влажности по глубине грунта с учётом подтока воды к фронту промерзания. Эксперименты наглядно демонстрируют важность учёта взаимосвязи возникающего при этом водно-теплового режима с характером деформаций. Произведена промышленная апробация исследуемой модели с применением ГПСК при строительстве опытно-экспериментального участка автомобильной дороги «Бескозобово-Евсино-Ламенский» км 47+540 – км 47+690 (Тюменская область, Голышмановский район)

**Ключевые слова:** грунт; теплоизоляция; морозное пучение; сезонное промерзание; теплозащита грунтов; инженерные сооружения; гранулированная пеностеклокерамика; деформации; температурный градиент; теплопроводность

**E**ngineering and construction in areas of seasonal freezing requires special measures to reduce the depth of soil freezing at the bases. The paper highlights the measures to reduce the seasonal freezing and frost heaving soils. One of the measures to reduce frost heaving soils is thermal protection, those, insulating device (antifreeze) layers in constructions engineering structures bases. The laboratory simulation seasonal freezing of soil at the specially designed experimental setup has been carried out, representing an insulated tray compactor to generate a vertical temperature gradient and a free inflow of water to the freezing front. The authors have investigated the dynamics of the temperature, humidity and strain distribution in frozen ground using a surface insulating layer of granular foamed glass ceramics (GFGC) and extruded polystyrene (EP) compared to the ground without thermal insulation. Application of GFGC and EP equally contributed to the formation in the ground water and thermal regime, significantly reduces the development of strains of frost heaving, despite the freezing of the soil. As a result found a significant reduction in the depth of soil freezing and frost heaving absence of deformations in cases of insulating materials. The findings suggest that maintaining during the experiment equal to the thermal resistance of the layers of two types of insulation, despite their different structure. The stability of thermal conductivity at the soil surface GFGC insulation is confirmed. The interrelation with the frost heaving deformation temperature and humidity distribution in the depth of soil, taking into account the inflow of water to the freezing front. The experiments demonstrate the importance of taking into account this relationship occurs when the water-heat mode character deformations. The industrial testing of the investigated model with the use of GFGC has been held during the construction of an experimental road section "Beskozobovo-Evsin-Lamensky" km 47 + 540–47 + 690 km (Tyumen region, Golyshmanovsky district)

**Key words:** soil; heat insulation; frost heaving; seasonal freezing; soils thermal insulation; engineering structures; granular foamed glass ceramics; strains; thermal gradient; thermal conductivity

**В**ведение. Строительство инженерных сооружений в районах с сезонным промерзанием требует специальных мероприятий по снижению глубины промерзания грунтов в основаниях [11]. В Швеции затраты, связанные с ежегодной ликвидацией последствий морозного пучения земляного полотна автодорог, достигают 25 % от общего бюджета Национального управления автомобильных дорог (SwedishRoadAdministration).

Одной из мер по снижению морозного пучения является теплозащита грунтов, то есть устройство теплоизоляционных (морозозащитных) слоёв в конструкциях оснований инженерных сооружений. На практике с этой целью в основном применяются плиты из экструзионного пенополистирола (ЭППС) [7] и пеностекло в виде щебня (в основном за рубежом) [12; 13; 15]. Данные слои снижают глубину промерзания, что особенно важно при строительстве на пучинистых и обводнённых грунтах [7]. В последнем случае подток воды к фронту промерзания может существенно увеличить деформации пучения за счёт образования линз льда.

Появление новых теплоизоляционных материалов вызывает практический интерес с точки зрения их применения для теплоза-

щиты грунтов [2]. Например, наряду с ЭППС и пеностеклом, в теплоизоляции грунтов может найти применение гранулированная пеностеклокерамика (ГПСК) [6]. Внешний вид материала представлен на рис. 1. Это продукт термической переработки опал-кристаллитовых пород (диатомит, трепел, опока), месторождения которых распространены практически по всей территории России [8–10]. Производство материала может быть налажено как вблизи сырьевых карьеров, так и в зоне строительства объектов транспортной инфраструктуры – на мобильных заводах [1].

ГПСК не уступает по свойствам традиционному пеностеклу в виде щебня, обладая прочностью при сжатии 0,8...2,8 МПа, насыпной плотностью 200...350 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводностью в сухом состоянии 0,07...0,09 Вт/(м·К) и водопоглощением по объёму менее 6 % (благодаря закрытой пористой структуре), по данным К. С. Иванова [3; 13]. Зернистое строение материала создаёт возможность укладки теплоизоляционных слоёв с применением механизированных средств, что особенно важно при строительстве линейных инженерных объектов (дорог, трубопроводов и т. д.).



Рис. 1. Внешний вид гранулированной пеностеклокерамики / Fig. 1. Appearance granular foam-glass ceramic

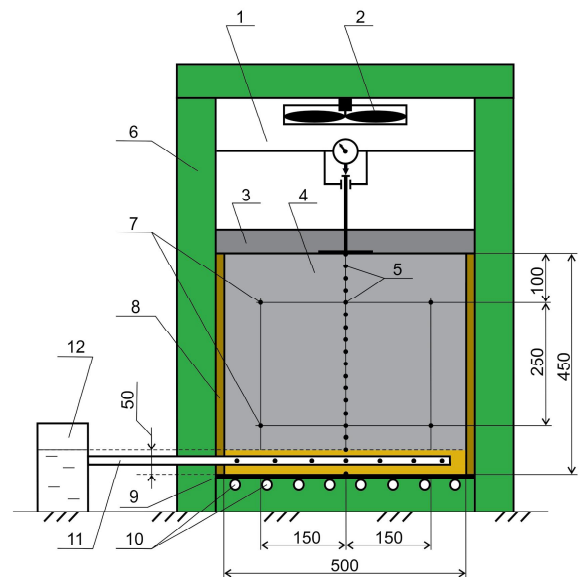


Рис. 2. Схема экспериментальной установки в разрезе (размеры даны в мм) / Fig. 2. The experimental setup in the aspect (dimensions in mm)

Таким образом, совокупность свойств ГПСК создаёт предпосылки применения материала для защиты грунтов оснований сооружений от сезонного промерзания. В связи с этим, цель работы состояла в исследовании воздействия теплоизоляционного слоя из гранулированной пеностеклокерамики на деформационные изменения промерзающего грунта, в равнении с ЭППС и грунтом без использования теплоизоляции.

**Материалы и методика исследований.** Моделирование промерзания проводилось на специально разработанной экспериментальной установке, представляющей собой теплоизолированный грунтовый лоток с возможностью создания вертикального температурного градиента (рис. 2) и свободного подтока воды к фронту промерзания. Последнее обусловлено тем, что под морозным пучением понимается деформация грунта не только за счёт кристаллизации поровой воды, но и за счёт воды, мигрирующей к фронту промерзания. Создание установки обусловлено возможностью получения результата в сжатые сроки, не прибегая к более затратному и длительному натурному эксперименту.

Основным элементом установки является фанерный лоток 8 (высота 450 мм, размеры в плане 500×500 мм) с грунтом 4. Раз-

меры лотка принимались с учётом среднего размера зёрен ГПСК и толщины слоя теплоизоляции, превышавшего среднюю крупность фракции ГПСК в 8 раз и равного 60 мм. Примерно такое же соотношение сохранялось между сторонами лотка в плане и толщиной слоя 8,3.

Снаружи лоток изолирован плитами ЭППС 6 общей толщиной 150 мм с целью минимизации бокового температурного градиента. На поверхности грунта размещается слой теплоизоляционного материала 3. Вертикальный температурный градиент в лотке с грунтом возникает за счёт разности температур в морозильной камере 1 и системе термостатирования дна лотка. Последняя выполнена в виде восьми медных трубок 10 (диаметр 10 мм), смонтированных в нижнюю часть установки и прилегающих к стальному листу 9 в основании лотка. Лист служит для равномерной передачи температуры от трубок 10 к грунту. Трубки 10 соединяются с лабораторным термостатом, обеспечивающим циркуляцию в них теплоносителя, образуя замкнутую систему поддержания постоянной температуры на дне лотка. Равномерное распределение температуры в морозильной камере обеспечивается вентилятором 2.

Снизу в грунтовый лоток смонтирована перфорированная трубка 11 для поддержа-

ния постоянной влажности талой части грунта и обеспечивающая естественный подток воды к фронту промерзания. Уровень воды, равный 5 см, поддерживается с помощью резервуара 12, соединённого с трубкой 11 (см. рис. 2). Трубка уложена в слой крупнозернистого песка толщиной 5 см.

По вертикальной оси лотка с интервалом 2,5 см размещаются термодатчики 5 (19 штук). Вспомогательные термодатчики 7 фиксируют боковой температурный градиент. Измерение температуры воздуха в морозильной камере 1 выполняется с помощью отдельного температурного датчика. В помещении, в котором располагалась установка, поддерживалась постоянная температура  $20 \pm 0,2$  °С. Система измерения температуры включала также аналого-цифровой преобразователь ИП-2 (АО «НПО-Эталон», Россия) с абсолютной погрешностью в диапазоне проводимых измерений  $\pm 0,1$  °С.

Измерение деформаций пучения проводилось с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм (см. рис. 2). Индикатор неподвижно крепится к стенкам морозильной камеры 1. Шток прибора касается стального стержня, который имеет свободное вертикальное перемещение и передаёт деформации грунта через слой теплоизоляции, опираясь на стальную пластину.

В исследованиях использовались теплоизоляционные слои из плит ЭППС толщиной 3 см (средняя плотность –  $35 \text{ кг/м}^3$ ) и из ГПСК фракции 5...10 мм (средняя крупность фракции – 7,5 мм, насыпная плотность –  $300 \text{ кг/м}^3$ ). Значения теплопроводности плит ЭППС и ГПСК составляли 0,035 и 0,086 Вт/(м·К) соответственно. В связи с тем, что теплопроводность ГПСК почти вдвое выше, чем у ЭППС, толщина слоя теплоизоляции в экспериментах принималась 6 и 3 см соответственно для ГПСК и ЭППС, что обеспечивает примерно равное термическое сопротивление.

Грунт представлен песком и имел следующие характеристики:

1) массовое содержание частиц размером до 0,1 мм составляло 78 %, по гранулометрическому составу грунт относится к пескам мелким;

2) коэффициент пористости составлял 0,61, по данному критерию грунт относится к песку средней плотности;

3) степень засоленности среднерастворимыми солями составляла 4,5 %, следова-

тельно, песок характеризуется как слабо засоленный.

Песок укладывался послойно, с соблюдением коэффициента уплотнения  $0,95 \pm 0,01$ . Поверх грунта укладывался теплоизоляционный слой 3 (см. рис. 2), после чего в морозильной камере 1 задавалась температура  $-9 \pm 0,2$  °С, а в жидком хладагенте системы термостатирования дна лотка  $+0,5 \pm 0,1$  °С. Температура измерялась непрерывно, вплоть до формирования в лотке с грунтом стационарного температурного поля. Ввиду того, что расхождение показаний между основными и контрольными температурными датчиками на одной глубине не превышало  $\pm 0,2$  °С, можно судить о формировании в грунте практически одномерного теплового потока.

В конце каждого эксперимента определялись изменения влажности грунта по глубине с применением стандартной методики. Начальная весовая влажность грунта при укладке в лоток составляла 15 %. Перед запуском охлаждающих устройств экспериментальной установки проводилась выдержка массива грунта до стабилизации температуры в пределах  $20 \pm 0,2$  °С.

В зависимости от типа теплоизоляции эксперименты имели следующую маркировку: грунт без теплоизоляции – S, изолированный ЭППС – E, изолированный ГПСК – G.

*Результаты исследования и их обсуждение.* На первом этапе работы исследовался характер промерзания песка без применения теплоизоляции. На рис. 3а представлен фрагмент динамики температуры на глубинах 2,5...25 см. По истечении 90 ч все температурные кривые выравниваются вдоль горизонтальной оси графика, что свидетельствует об окончании процесса промерзания и формировании в грунте стационарного температурного поля.

Резкий перегиб кривой, соответствующей глубине 2,5 см говорит о тепловыделении нижележащих слоёв грунта при фазовом переходе вода–лёд. На глубинах 5...20 см отмечается более плавный перегиб, сглаживающийся с увеличением глубины. Характер кривых говорит о постепенном промерзании массива грунта сверху вниз, причём скорость промерзания постоянно изменялась в ходе процесса. В течение первых 30 ч скорость промерзания составляла в среднем

1,7 мм/ч, при этом грунт промёрз на 5 см. В последующий период с 30 до 45 ч скорость промерзания составляла в среднем 6,7 мм/ч и грунт промёрз с 5 до 15 см. Затем скорость промерзания заметно снизилась, в среднем

до 2,2 мм/ч, чему соответствовало промерзание грунта с 15 до 25 см. Интерполируя данные графика на рис. За вблизи 0 °С, установлено, что глубина промерзания через 90 ч составила 25 см.

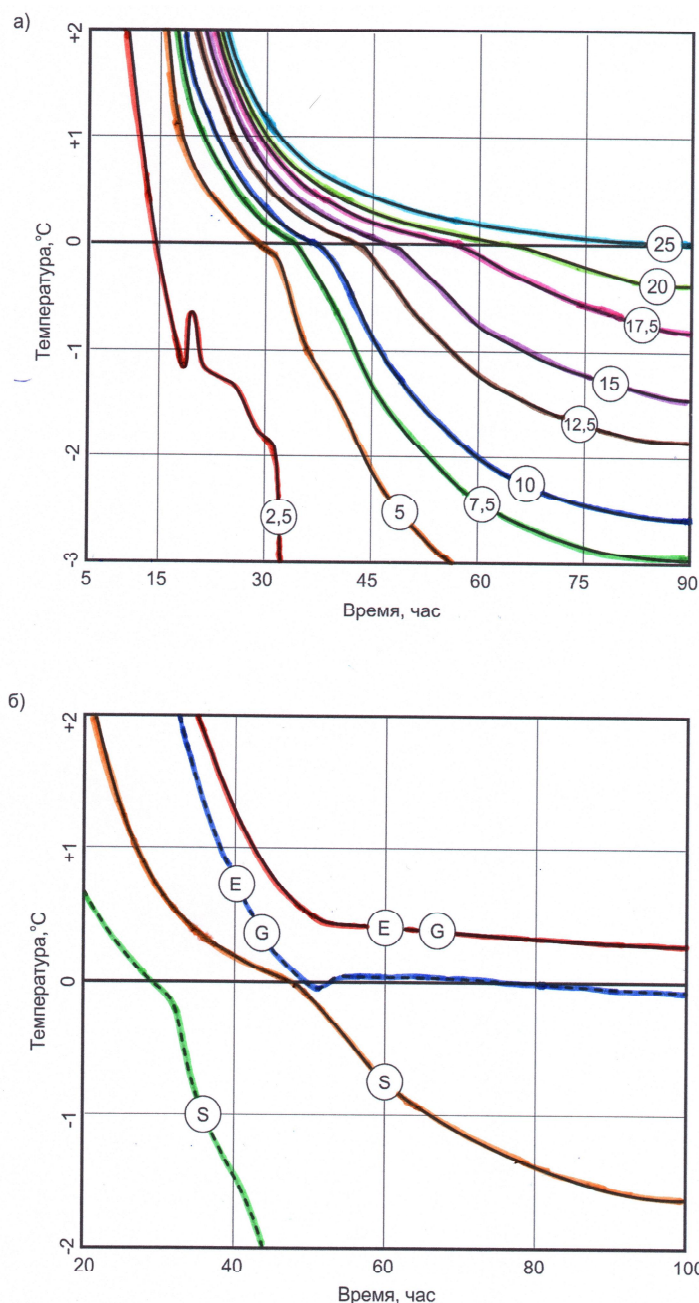


Рис. 3. Динамика температуры: а – для эксперимента S (числа в кружках соответствуют глубинам, см); б – для экспериментов E и G в сравнении с S (пунктирные кривые соответствуют глубине 5 см, сплошные – 15 см) / Fig. 3. Temperature Dynamics: a – for the experiment S (numbers in circles correspond to depths, cm); b - for experiments G and E in comparison to S (the dashed curves correspond to the depth of 5 cm, and the solid – 15 cm)



Динамика деформаций песка представлена на рис. 4 (кривая S). В начале эксперимента наблюдается деформация сжатия грунта (около  $-0,4$  мм), которая развивается до 25 ч, несмотря на то, что к этому времени грунт промёрз на глубину 4 см (согласно рис. 3а). Видимо, деформации пучения начинают развиваться наряду со сжатием в результате подтока воды и уплотнения частиц грунта под собственным весом. Аналогичные деформации сжатия наблюдались в экспериментах по промораживанию супеси в условиях подтока воды [5].

После 25 ч уровень грунта принимает исходное положение за счёт нарастания морозного пучения, которое активно развивается вплоть до 50 ч и практически затухает к 90 ч, достигая значения 1,65 мм. Анализ графиков на рис. 3а и 4 позволяет судить о том, что наиболее интенсивный рост деформаций пучения, равный 2,05 мм (изменение с  $-0,4$  до 1,65 мм), происходил при промерзании на глубине 5...15 см. Промерзание на глубине 15...25 см практически не сопровождалось ростом деформаций пучения.

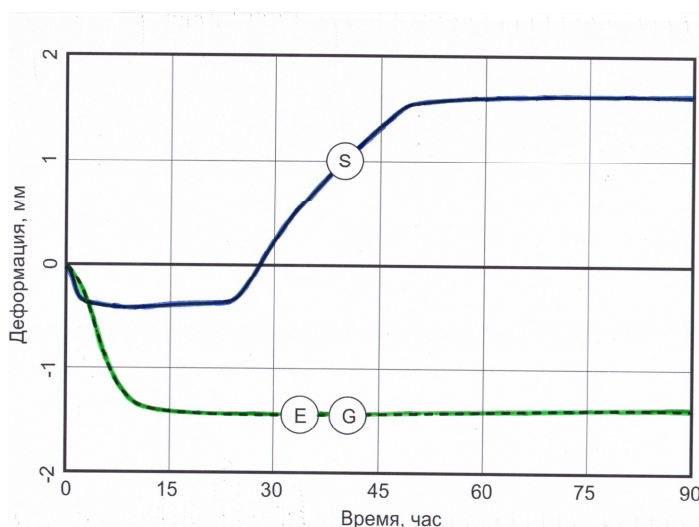


Рис. 4. Динамика деформаций грунта (маркировка кривых соответствует экспериментам) /  
Fig. 4. The Dynamics of ground deformations (curves corresponds labeling experiments)

Распределение влажности по глубине грунта характеризует незначительный подток воды к верхним слоям: на глубинах 10 и 20 см влажность увеличилась до 17 %, на глубинах 30 и 40 см влажность грунта составила соответственно 21 и 40 %, видимо, за счёт естественного подтока воды под действием капиллярных сил. Таким образом, промерзание до максимальной глубины 25 см не сопровождалось существенным подтоком воды к фронту промерзания и деформация пучения в основном связана с увеличением объёма поровой воды.

В дальнейшем исследовалось промерзание грунта с применением теплоизоляции. Динамика температуры для экспериментов E и G представлена одной кривой (рис. 3б) ввиду несущественных различий, находящихся в пределах ошибки измерения температуры. В сравнении с песком без изоляции, отмеча-

ется значительно более позднее начало промерзания верхнего слоя на глубине 5 см: 47 против 30 ч. Таким образом, скорость охлаждения верхнего слоя грунта снижается примерно в 1,6 раза.

Путём интерполяции данных графика на рис. 3б, установлено, что глубина промерзания в случаях E и G составила  $7 \pm 0,5$  см (против 25 см в эксперименте S). Несмотря на это, деформации морозного пучения грунта, характерные для случая S, отсутствуют. Кривая деформаций, соответствующая случаям E и G на рис. 4, свидетельствует о сжатии грунта в ходе экспериментов в среднем до  $-1,5$  мм. Развитие деформации сжатия грунта происходило в первые 10 ч эксперимента. Видимо, деформации сжатия преобладали над деформациями пучения ввиду незначительной глубины промерзания.

Картина распределения влажности по глубине для случаев Е и G соответствует эксперименту S с той разницей, что на глубинах 10 и 20 см влажность составляла около 15,5 %, что говорит об отсутствии подтока воды к фронту промерзания. На глубинах 30 и 40 см прослеживаются значения влажности грунта, аналогичные эксперименту S.

Таким образом, применение ГПСК и ЭППС в одинаковой мере способствовало формированию в грунте водно-теплового режима, существенно снижающего развитие деформаций морозного пучения, несмотря на промерзание части грунта.

*Промышленная апробация исследуемой модели с применением ГПСК.* По результатам проведённых исследований Государственным казённым учреждением Тюменской области «Управление автомобильных дорог» совместно с правительством Тюменской области определён участок ремонта автомобильной дороги «Бескозобово–Евсино–Ламенский» км 47+540 – км 47+690 (Тюменская область, Голышмановский район) для про-

мышленной апробации исследуемой модели с применением ГПСК. Опытно-экспериментальный участок разделён на две секции: традиционная конструкция, применяемая в данном регионе, без теплоизоляционного слоя и конструкция с теплоизоляционным слоем из ГПСК 25 см.

По проекту дорожная одежда опытно-экспериментальных участков имеет следующее строение (рис. 5):

- 1) верхний слой покрытия из асфальтобетонной смеси марки II, тип Б, толщина 5 см;
- 2) нижний слой покрытия из крупнозернистой асфальтобетонной смеси марки II, толщина 7 см;
- 3) верхний слой основания из щебня, толщина 15 см;
- 4) нижний слой основания из щебня, толщина 15 см.
- 5) теплоизоляционный слой из ГПСК толщиной 25 см, прикрытый сверху и снизу прослойкой из НСМ «Дорнит-2». Процесс укладки теплоизоляционного слоя из ГПСК в одну из секций участка автомобильной дороги представлен на рис. 6.

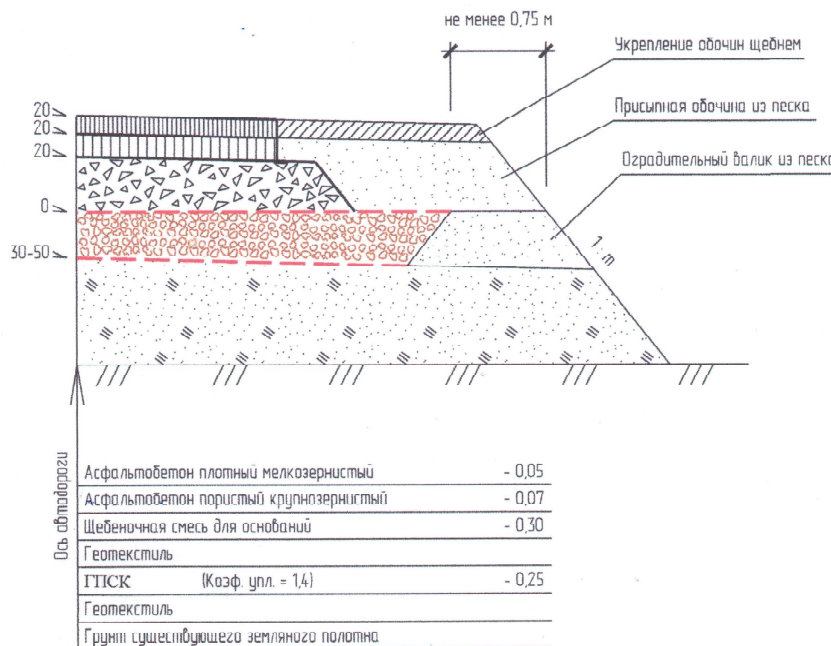


Рис. 5. Конструкция дорожной одежды, принятая при промышленной апробации исследуемой модели с применением ГПСК / Fig. 5. The pavement structure adopted for industrial testing of the studied model using GPCSK





Рис. 6. Процесс укладки теплоизоляционного слоя из ГПСК в одну из секций участка автомобильной дороги / Fig. 6. The process of laying insulation layer GPSK in one of the sections of the road section

Опытно-экспериментальный участок автомобильной дороги «Бескозобово-Евсино-Ламенский» км 47+540 – км 47+690 (Тюменская область, Голышмановский район) расположен в дорожно-климатической зоне – III, в дорожно-климатической зоне – III<sup>1</sup>, тип местности по рельефу – равнинные районы. Район проведения работ характеризуется длительными и сильными морозами в зимний период года. Данное обстоятельство значительно влияет на глубину промерзания дорожной конструкции. Глубина промерзания под дорожной одеждой значительно больше, чем на притрассовых участках, на которых роль теплоизолятора играет большой снежный покров. С основной площадки дороги снег счищается снегоуборочной техникой, и холодные температуры воздуха через дорожную одежду беспрепятственно передаются на грунты насыпи и естественного основания.

Грунты насыпи и основания перенасыщены влагой. Низкая насыпь и высокий уровень грунтовых вод предполагают капиллярное поднятие влаги к нижней границе дорожной одежды. Также на влагонакопление грунтов насыпи влияют обильные осадки, застаивающиеся воды вдоль насыпи, подсос влаги к границе промерзания.

Для весеннего и осеннего сезонов характерна неустойчивая погода с резкими колебаниями температуры воздуха. Тёплая

погода сменяется резкими похолоданиями и наоборот (суточное или периодичное колебание). Данный факт говорит о многократно повторяющихся циклах промерзания/оттаивания. Грунты за небольшой период времени могут переходить в разные состояния: мёрзлое, текучее. Это ведёт к многократным процессам морозного пучения и разуплотнению грунтов насыпи под дорожной одеждой.

Местные грунты, используемые при строительстве земляного полотна автомобильных дорог в районе проведения работ, являются типичными представителями лёссовидных отложений, широко распространённых в пределах южной части Западной Сибири. Мощность лёссовидных пород юга области составляет 3...8 м, породы уплотнены, по гранулометрическому составу преобладают средние и тяжёлые суглинки, реже – глины. В гранулометрическом составе отмечается типичное для лёссовидных отложений достаточно высокое содержание пылевидной фракции.

Наличие разрушений дорожной одежды и отремонтированных участков говорит о многократно повторяющихся процессах морозного пучения грунтов насыпи и естественного основания. Внешними признаками пучинистых мест в зимний период являются неравномерное поднятие участков покрытия, образование отдельных бугров или группы бугров на покрытии. Значительная часть из

них имеет сетку трещин, концентрирующуюся у вершины бугров пучения, которые разрушают покрытие на отдельные куски различной величины и формы. Образование пучин может развиваться как по ширине проезжей части, так и вдоль неё. В весенний период после схода снега на пучинистых участках могут появляться влажные пятна, а также волнообразные колебания дорожной конструкции при наезде тяжеловесных транспортных средств. Эти участки имеют, как правило, значительно пониженную прочность и интенсивно разрушаются.

Анализ проведенных исследований на автомобильной дороге «Бескозобово-Евсино-Ламенский» показал, что основной причиной появления деформаций на дорожном покрытии является пучение сезонно промерзающих пылеватых грунтов земляного полотна.

Для обеспечения стабильной работы земляного полотна в рассматриваемых условиях необходимы мероприятия по снижению или полному исключению промерзания дорожной конструкции.

**Выводы.** Применение теплоизоляционных слоёв из ГПСК и ЭППС показало одинаковое распределение температуры в грунте и снижение глубины промерзания в сравнении с песком без изоляции с 26 до 7 см. Получен-

ные данные свидетельствуют о сохранении в ходе эксперимента равного термического сопротивления слоёв двух типов теплоизоляции, несмотря на их разное строение. Подтверждается стабильность значения теплопроводности ГПСК при поверхностной теплоизоляции грунта.

Деформация пучения песка без изоляции составила 1,65 мм, тогда как в экспериментах с ЭППС и ГПСК наоборот, наблюдается сжатие грунта и снижение скорости промерзания верхних слоёв в 1,6 раза.

Эксперименты наглядно демонстрируют не только эффективность применения ГПСК наряду с ЭППС для снижения глубины промерзания, но и важность учёта взаимосвязи возникающего при этом водно-теплого режима с характером деформаций.

По проведенным теоретическим и экспериментальным исследованиям для практической реализации предложена оптимальная модель дорожной конструкции с применением ГПСК в основании дорожной одежды для предотвращения процессов морозного пучения в грунтах земляного полотна на пучинистых участках. Предложенная конструкция применима для ремонта, реконструкции, а также нового строительства автомобильных дорог и земляного полотна железных дорог.

## Список литературы

1. Коротков Е. А., Константинов А. О., Смирнов П. В. Европейский опыт использования пеностекла в дорожном строительстве. Перспективы использования аналогичных материалов в РФ // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 1. С. 58–61.
2. Мельников В. П., Мельникова А. А., Аникин Г. В., Иванов К. С., Спасенникова К. А. Инженерные решения в строительстве на вечной мерзлоте в плане повышения энергоэффективности сооружений // Криосфера Земли. 2014. Т. 18, № 3. С. 82–90.
3. Мельникова А. А., Коротков Е. А., Константинов А. О., Смирнов П. В., Иванов К. С. Новые материалы для строительства инженерных объектов в сложных природных условиях Сибири // Водные ресурсы и ландшафтно-усадебная урбанизация территорий России в XXI веке: сборник докладов XVII Международной научно-практической конференции. Тюмень, 2015. Т. 1. С. 249–253.
4. Минько Н. И., Пучка О. В., Евтушенко Е. И., Нарцев В. М., Сергеев С. В. Пеностекло – современный эффективный неорганический теплоизоляционный материал // Фундаментальные исследования. 2013. № 6-4. С. 849–854.
5. Невзоров А. Л., Коршунов А. А., Чуркин С. В. Методы оценки степени пучинистости грунтов с использованием современных приборов // Инженерные изыскания. 2013. № 5. С. 52–56.
6. Патент № 2569138 РФ. МПК С04В38/00. Способ получения пористого строительного материала / К. С. Иванов, В. П. Мельников; заявитель и патентообладатель – Тюменское инновационное предприятие Института криосферы-1; № 2014144842; заявл. 10.11.2014; опубл. 26.10.2015. 4 с.
7. Российский рынок полистирольной теплоизоляции // ABARUS Market Research. URL: <http://www.stroyka.ru> (дата обращения: 12.03.2019). Текст: электронный.
8. Смирнов П. В. Западно-Сибирская провинция опал-кристаллитовых пород – минерально-сырьевая база многоцелевого назначения // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Тюмень, 2013. С. 80–82.

9. Смирнов П. В. Объекты поисковых работ на кремнистые породы на юге Тюменской области // Современные исследования в геологии: сборник статей. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета, 2015. С. 42–44.
10. Смирнов П. В., Иванов К. С., Константинов А. О. Литология пород туртаской свиты и возможности их использования в качестве сырья для производства пеностеклокерамики на примере Успенской площади (Тюменская область) // Известия Томского политехнического университета. 2015. № 7. С. 112–120.
11. Чеверев В. Г., Бурнаев Р. С., Гагарин В. Е., Сафронов Е. В. Влияние внешней нагрузки на степень морозной пучинистости глинистых грунтов // Криосфера Земли. 2013. № 4. С. 45–51.
12. Auvinen T., Pekkala J., Forsman J. Covering the highway e12 in the centre of Hämeenlinna – innovative use of foamed glass as light weight material of approach embankment // The XXVIII International Baltic Road Conference. Vilnius, 2013. 10 p.
13. Ivanov K. S., Radaev S. S., Selezneva O. I. Diatomites in granular foam-glass technology // Glass and Ceramics. 2014. No. 71. P. 157–161.
14. M-Lapage J. Thermal Performance of the Permafrost Protection Techniques at Beaver Creek Experimental Road Site, Yukon, 2013.
15. Yan H. Y., Zhao G. T., Cai D. G. Investigation of insulation layer dynamic characteristics for high-speed railway // Sciences in Cold and Arid Regions. 2015. Vol. 7, No. 4. P. 430–437.

## References

1. Korotkov E. A., Konstantinov A. O., Smirnov P. V. *Nauchnye problem transporta Sibirii Dalnego Vostoka* (Scientific problems of transport in Siberia and the Far East), 2015, no. 1, pp. 58–61.
2. Melnikov V. P., Melnikova A. A., Anikin G. V., Spasennikova K. A. *Kriosfera Zemli* (Earth cryosphere), 2014, vol. 18, no. 3, pp. 82–90.
3. Melnikova A. A., Korotkov E. A., Konstantinov A. O., Smirnov P. V., Ivanov K. S. *Vodnye resursy i landshaftno-usadebnaya urbanizatsiya territoriy Rossii v XXI veke: sb. dokl. XVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (Water resources and landscape estate. urbanization of Russian territories in the XXI century: Sat. doc. XVII International scientific-practical conf.). Tyumen, 2015, vol. 1, pp. 249–253.
4. Minko N. I., Puchka O. V., Evtushenko E. I., Nartsev V. M., Sergeev S. V. *Fundamentalnye issledovaniya* (Basic researches), 2013, no. 6–4, pp. 849–854.
5. Nevzorov A. L., Korshunov A. A., Churkin S. V. *Inzhenernye izyskaniya* (Engineering Surveys), 2013, no. 5, pp. 52–56.
6. *Patent № 2569138 RF: MPK C04B38/00. Sposob polucheniya poristogo stroitel'nogo materiala* (Patent No. 2569138 of the Russian Federation: IPC C04B38 / 00. A method of obtaining a porous building material); K. S. Ivanov, V. P. Melnikov; applicant and patent holder – Tyumen Innovation Enterprise of the Institute of Cryosphere-1; no. 2014144842; declared 10.11.2014; publ. 26.10.2015, 4 p.
7. *Rossiyskiy rynek polistirolnoy teploizolyatsii* (The Russian market of polystyrene thermal insulation) // ABARUS Market Research. URL: <http://www.stroyka.ru> (Date of access: 12.03.2019). Text: electronic.
8. Smirnov P. V. *Novye tekhnologii – neftegazovomu regionu: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (New technologies for the oil and gas region: materials of the All-Russian scientific and practical conference). Tyumen, 2013, pp. 80–82.
9. Smirnov P. V. *Sovremennyye issledovaniya v geologii: sbornik statey* (Modern research in geology: collected articles). St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University, 2015, pp. 42–44.
10. Smirnov P. V., Ivanov K. S., Konstantinov A. O. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* (Bulletin of the Tomsk Polytechnic University), 2015, no. 7, pp. 112–120.
11. Cheverev V. G., Burnaev R. S., Gagarin V. E., Safronov E. V. *Kriosfera Zemli* (Cryosphere of the Earth), 2013, no. 4, pp. 45–51.
12. Auvinen T., Pekkala J., Forsman J. *The XXVIII International Baltic Road Conference* (The XXVIII International Baltic Road Conference). Vilnius, 2013, 10 p.
13. Ivanov K. S., Radaev S. S., Selezneva O. I. *Glass and Ceramics* (Glass and Ceramics), 2014, vol. 71, pp. 157–161.
14. M-Lapage J., *Thermal Performance of the Permafrost Protection Techniques at Beaver Creek Experimental Road Site* (Thermal Performance of the Permafrost Protection Techniques at Beaver Creek Experimental Road Site. Yukon, 2013).
15. Yan H. Y., Zhao G. T., Cai D. G. *Sciences in Cold and Arid Regions* (Sciences in Cold and Arid Regions), 2015, vol. 7, no. 4, pp. 430–437.

**Коротко об авторах**

*Иванов Константин Сергеевич*, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Губернская академия, г. Тюмень, Россия. Область научных интересов: разработка энергоэффективных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками для термостабилизации грунтов и оснований инженерных сооружений, с применением минерального природного и техногенного сырья  
sillicium@bk.ru

*Галлямов Денис Расимович*, аспирант, Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень, Россия. Область научных интересов: исследование и оценка влияния физико-механических свойств теплоизолирующих систем, в зависимости от климатических и технологических факторов  
denis.galliamov1@yandex.ru

*Дашинимаев Зоригто Батомункуевич*, главный геолог, ООО «Забтранспроект», г. Чита, Россия. Область научных интересов: инженерная геокриология, прогноз инженерно-геокриологических процессов  
9242742515zb@gmail.com

**Briefly about the authors**

*Konstantin Ivanov*, candidate of technical sciences, senior researcher, Institute of the Earth Cryosphere, Tyumen Scientific Center, SB RAS, Tyumen, ANO "Provincial Academy", Tyumen, Russia. Sphere of scientific interests: development of energy efficient materials with a high performance for thermal stabilization of soils and engineering structures base, with mineral natural and technogenic raw materials

*Denis Gallyamov*, postgraduate, Tyumen Scientific Center of the SB RAS, Tyumen, Russia. Sphere of scientific interests: study and evaluation of the influence of physical - mechanical properties of thermal insulation systems, depending on the climate and technological factors

*Zorigto Dashinimaev*, chief geologist, Zabtransproekt Limited Liability Company, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: engineering geocryology, prediction of engineering- geocryological processes

---

Работа выполнена по госзаданию, согласно Плану НИР ТюмНЦ СО РАН на 2018–2020 гг., протокол № 2 от 08.12.17 г. (Приоритетное направление IX.135. Программа IX.135.2 Проект: IX.135.2.4. Физико-механические и физико-химические модели эволюции состояния природно-технических систем в криосфере Земли)

---

**Образец цитирования**

*Иванов К. С., Галлямов Д. Р., Дашинимаев З. Б. Исследование промерзания грунта с применением Теплоизоляции из гранулированной пеностеклокерамики // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 34–44. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-34-44.*

*Ivanov K., Gallyamov D., Dashinimaev Z. Study of freezing ground with the application of heat insulation granular foamed glass ceramics // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no.7, pp. 34–44. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-34-44.*

Статья поступила в редакцию: 13.08.2019 г.  
Статья принята к публикации: 03.09.2019 г.

УДК 537.8

DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-45-51

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЗАМЕРЗАНИЯ ВОДЫ В ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ  
(ПО ДАННЫМ МИКРОВОЛНОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ)****FEATURES OF THE FREEZING PROCESS OF WATER IN POROUS MATERIALS ACCORDING  
(TO MICROWAVE RESEARCH)**

**С. Д. Крылов**, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита  
lgc255@mail.ru

**S. Krylov**, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita



Выполнены исследования прохождения микроволнового излучения через увлажнённые пористые вещества – силикагели КСКГ и Acros. Частота микроволнового излучения – 17 ГГц. Измерялась мощность микроволнового излучения, проходящего через волновод, заполненный увлажнёнными силикагелями в процессе их охлаждения от комнатной до отрицательной температуры –60 °С. Обнаружено, что в силикагеле КСКГ замерзание воды начинается при более высокой температуре, чем в силикагеле Acros, у которого размер пор меньше, чем у КСКГ. Из-за различной влажности силикагеля менялся и характер зависимости мощности, проходящей через волновод с силикагелем, от температуры. Обнаружено, что мощность проходящего микроволнового излучения возрастает в процессе замерзания воды в порах силикагеля, то есть затухание электромагнитных волн, проходящих через образец уменьшается, и наклон графической зависимости мощности от температуры увеличивается с увеличением влажности силикагеля. Обнаружено, что при различной влажности из-за разного соотношения между количеством воды на частицах силикагеля и в порах частиц при одной и той же температуре может быть два значения мощности. Нет однозначного соотношения мощность – влажность. Отмечено влияние вибрации образца на прохождение микроволнового излучения – величина проходящей мощности микроволнового излучения увеличивалась при отсутствии вибраций

**Ключевые слова:** переохлаждённая вода; микроволновое излучение; пористая среда; влажность; волновод; диэлектрическая проницаемость; силикагель; синхронное детектирование; термопара; термометрия

The studies of microwave radiation passage through porous substances, silica gels KSKG and Acros are carried out. The microwave frequency was 17 GHz. Power of the microwave radiation passing through a waveguide filled with moistened silica gels in the process of cooling from room temperature to negative temperature –60 °C was measured. It has been discovered that the freezing of water in silica gel Acros starts at a lower temperature than in silica gel KSKG. The reason for this is that the pore sizes of silica gel Acros are less than pore sizes silica gel KSKG. Type of dependence of the power passing through the waveguide with silica gel from temperature has changed due to different moisture. It has been found that the power of the transmitted microwave radiation increases during the freezing of water in the pores of silica gel and the slope of the graphic dependence of power versus temperature increases with increasing moisture. The author has found out that at different moisture, due to the different ratio between the amount of water on the silica gel particles and in the pores of the particles at the same temperature, there can be two power values. There is no unambiguous relationship power – moisture. The effect of sample vibration on the passage of microwave radiation has been observed – the magnitude of the transmitted microwave radiation power has increased in the absence of vibration

**Key words:** super cooled water; microwave radiation; porous medium; moisture; waveguide; the dielectric constant; silica gel; synchronous detection; thermocouple; thermometry

**В**ведение. Вода широко распространена в природе и в то же время обладает рядом свойств, которые у других жидкостей не встречаются [4]. Нетипичных свойств у воды достаточно много и вода по праву считается «аномальной жидкостью». Так при низких температурах переохлаждённая вода имеет минимум теплоёмкости, минимум сжимаемости, минимум вязкости и максимум плотности [10]. В настоящее время не существует ни приемлемой теории, объясняющей все различные аномалии воды, ни фазовой диаграммы, известной в полной области температуры и давления. Полагают, что вода представляет собой смесь двух жидкостей (имеет две структурные модификации) – низкой плотности и высокой плотности [3; 8; 9].

Несмотря на многочисленные предположения относительно теории воды, прогресс в изучении воды медленный, в основном из-за того, что основные отличительные черты различных моделей проявляются в так называемой ничейной зоне фазового пространства воды между температурами 150 и 236 К при атмосферном давлении [5]. Изучить воду в этой области температур непросто, так как она превращается в лёд. Предел переохлаждению воды ставит внезапное гомогенное зародышеобразование, превращающее весь объём образца в ледяной монолит, при атмосферном давлении оно наступает при температуре 231 К (–42 °С) [6]. В лабораторных условиях минимальные температуры, при которых вода ещё остаётся в жидком состоянии, до-

стигаются тщательным удалением растворённых и взвешенных примесей и медленным охлаждением [2]. Один из возможных путей изучения воды в этой области температур – изучение свойств воды в пористых средах.

В пористых средах удаётся достичь более низких температур, при которых вода остаётся в жидком состоянии. Предельная температура замерзания воды определяется размерами пор: чем меньше размеры пор, тем ниже температура замерзания [7]. Прохождение микроволнового излучения через увлажнённые нанопористые среды (силикагель, цеолит) при их охлаждении до –160 °С исследовалось в работе Г. С. Бордонского и С. Д. Крылова [1]. Обнаружено, что вода не замерзала до температуры –100 °С. Этот факт позволяет применять пористые материалы для изучения свойств переохлаждённой воды.

Задача данного исследования – использовать микроволновое излучение для выявления характера замерзания воды в пористой среде в зависимости от влажности.

**Экспериментальная установка.** Методика измерений прохождения электромагнитного излучения через силикагель состояла из пропускания микроволнового излучения от маломощного генератора через образец – волноводную секцию, заполненную увлажнённым силикагелем, – и измерению прошедшей мощности при изменении температуры образца. Схема установки приведена на рис. 1.

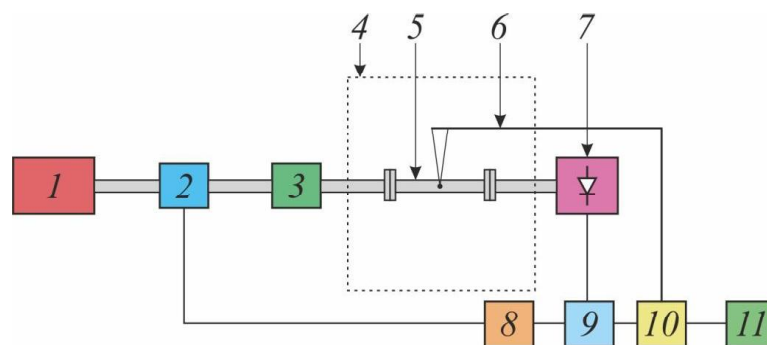


Рис. 1. Схема измерений интенсивности СВЧ излучения, прошедшего через волновод с силикагелем: 1 – генератор СВЧ излучения; 2 – PIN-диод; 3 – аттенуатор; 4 – холодильная камера; 5 – волноводная секция с силикагелем; 6 – термопара; 7 – диодный детектор; 8 – управляющий генератор синусоидальных колебаний; 9 – синхронный демодулятор; 10 – система сбора информации фирмы «Agilent»; 11 – компьютер / Fig. 1. Scheme of measuring of the microwave intensity radiation transmitted through a waveguide with silica gel: 1 – microwave generator; 2 – PIN-diode; 3 – attenuator; 4 – refrigerating chamber; 5 – waveguide section with silica gel; 6 – thermocouple; 7 – diode detector; 8 – controlling sinusoidal oscillator; 9 – synchronous demodulator; 10 – Agilent information collection system; 11 – computer



Измерения выполнялись на частоте 17 ГГц. Волноводная секция представляла собой прямоугольный волновод поперечным сечением  $11 \times 5,5$  мм<sup>2</sup> и длиной 50 мм. Увлажнение силикагеля водой осуществлялось в эксикаторе при комнатной температуре. Влажность силикагеля (весовая) менялась в пределах 3...76 %. Волновод с силикагелем охлаждали в холодильной камере, позволявшей достигать отрицательной температуры – 60 °С. Для повышения точности измерения использовалось синхронное детектирование. Излучение СВЧ генератора модулировали низкочастотным сигналом. После синхронного демодулятора результаты измерений записывали на компьютер с использованием системы сбора данных Agilent. Температура образца измерялась термопарой, вставленной в волновод с силикагелем. Точность измерения температуры составляла  $\pm 1$  °С. Охлаждение образца от комнатной температуры до – 60 °С длилось около 1 ч. Измерения проведены при неизменной мощности генератора.

Эксперимент проведен с силикагелем КСКГ (производство Гонконг), средний размер пор которого 6...8 нм. Силикагель представлял из себя частицы размером 3...5 мм. Для более плотного заполнения волновода силикагель дробился и просеивался. Размеры частиц после дробления и просеивания составляют 0,1...0,3 мм. Также для сравнения использовался силикагель Acros (производство Бельгия), применяемый в хромато-

графии, с размерами пор 4 нм и размером частиц 0,06...0,2 мм.

*Результаты измерений.* Результаты измерений мощности микроволнового излучения, проходящего через волновод с силикагелем в зависимости от температуры, приведены на рис. 2. Представлены четыре зависимости для образцов с весовой влажностью 3, 16, 55 и 76 %. Как следует из графиков, при незначительной влажности силикагеля, в данном измерении 3 %, микроволновое излучение от генератора проходит через образец и при положительных температурах. Затухание микроволнового излучения в воде гораздо больше, чем в силикагеле, однако наличие воды в порах силикагеля в малом количестве значительного влияния на микроволновое излучение не оказывает. Все изменения в ходе зависимости проходящей мощности излучения от температуры определяются диэлектрическими свойствами самого силикагеля, а не воды. Дальнейшее увеличение влажности образца приводит к тому, что при положительных температурах из-за диэлектрических свойств воды, микроволновое излучение не проходит через образец и регистрируется только тогда, когда вода в силикагеле начинает превращаться в лёд в области температур –30...–40 °С. Для силикагеля КСКГ эта температура равна –34 °С. Причиной является то, что затухание электромагнитных волн во льду значительно меньше, чем в воде и сравнимо с затуханием в силикагеле.

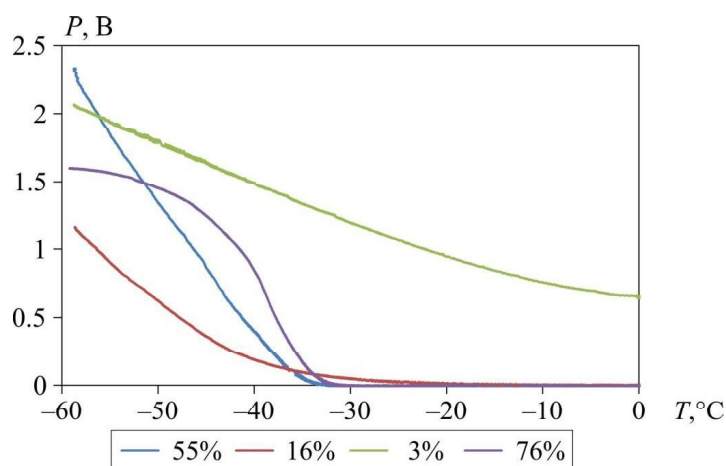


Рис. 2. Результаты измерений мощности микроволнового излучения  $P$  (в единицах выходного напряжения диодного детектора) проходящего через волновод с силикагелем КСКГ в зависимости от температуры / Fig. 2. The results of microwave radiation power  $P$  measurements (in units of the output voltage of the diode detector) passing through a KSKG waveguide with silica gel, depending on temperature

Из графиков следует также, что с увеличением влажности силикагеля увеличивается наклон графической зависимости мощности от температуры, и значение мощности при влажности силикагеля 55 % начинает превосходить значение мощности микроволнового излучения через практически сухой образец влажностью 3 % при температуре  $-55^{\circ}\text{C}$ .

Измерения выполнены до температуры  $-60^{\circ}\text{C}$ , и дальнейшее поведение зависимости проследить не удаётся из-за ограниченных возможностей холодильника. Однако при охлаждении волновода жидким азотом максимальное значение мощности при заполненном силикагелем КСКГ волноводе (в единицах выходного напряжения диодного детектора) составило 3,7 В, тогда как при

незаполненном, пустом волноводе значение мощности равно 6,1 В.

На рис. 3 представлены зависимости проходящей через силикагель мощности микроволнового излучения от влажности для разных температур. Из этих графиков следует, что с понижением температуры образца микроволновое излучение затухает меньше. Зависимости имеют сложный, не прямо пропорциональный вид и при одной и той же температуре может быть одно и то же значение прошедшей мощности микроволнового излучения для двух значений влажности. Это определяется соотношением замёрзшей и незамёрзшей воды, когда в первую очередь замерзает вода вне пор, на поверхности частиц силикагеля, а затем в порах силикагеля.

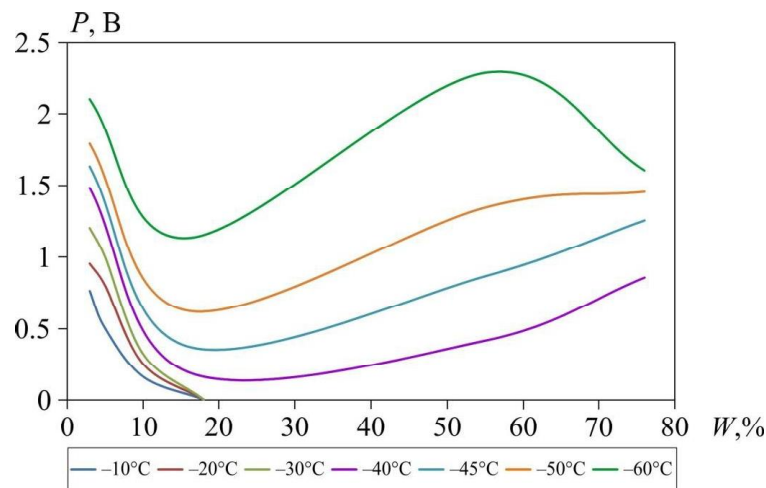


Рис. 3. Результаты измерений мощности микроволнового излучения (в единицах выходного напряжения диодного детектора) проходящего через волновод при охлаждении для силикагеля КСКГ в зависимости от влажности на разных температурах / Fig. 3. The results of the microwave radiation power measurements (in units of the output voltage of the diode detector) passing through the waveguide during cooling of KSKG silica gel as a function of moisture at the different temperatures

На рис. 4 приведены результаты измерений с силикагелем Acros в сравнении с силикагелем КСКГ. Размеры пор у силикагеля Acros в два раза меньше чем у силикагеля КСКГ, поэтому наблюдаются отличия в характере поведения в зависимостях мощности от времени  $P = f(T)$ . Для силикагеля Acros при влажности 3 % мощность при  $-0^{\circ}\text{C}$  больше, чем для КСКГ, но пределы изменений меньше, и при температуре  $\sim -25^{\circ}\text{C}$  мощность для КСКГ начинает превышать значение мощности для силикагеля Acros.

Для силикагеля Acros влажностью 31 %, начало прохождения микроволнового излучения сдвинулось по сравнению с КСКГ, в сторону отрицательных температур приблизительно на  $10^{\circ}\text{C}$  и произошло при температуре  $-41^{\circ}\text{C}$ . Размеры пор силикагеля Acros меньше, и начало превращения воды в лёд в меньших по размеру порах наступает позже.

На рис. 5 представлена зависимость прошедшей мощности микроволнового излучения и изменения температуры образца от времени. Наблюдалось кратковременное



повышение значения проходящей через образец мощности микроволнового излучения после выключения холодильной камеры при обратном процессе – нагреве образца. Продолжительность этого повышения составляла 7 мин. Влажность силикагеля КСКГ в данном эксперименте 76 %. Если не выключать холодильную камеру, а нагревать образец с

включённой камерой, то этот эффект не наблюдается, не наблюдается он и при меньшей влажности. Напрашивается вывод, что незначительные вибрации, воздействующие на образец – влажный силикагель, вызывают такой эффект. Характер и природу данного явления предстоит выяснить в дальнейших исследованиях.

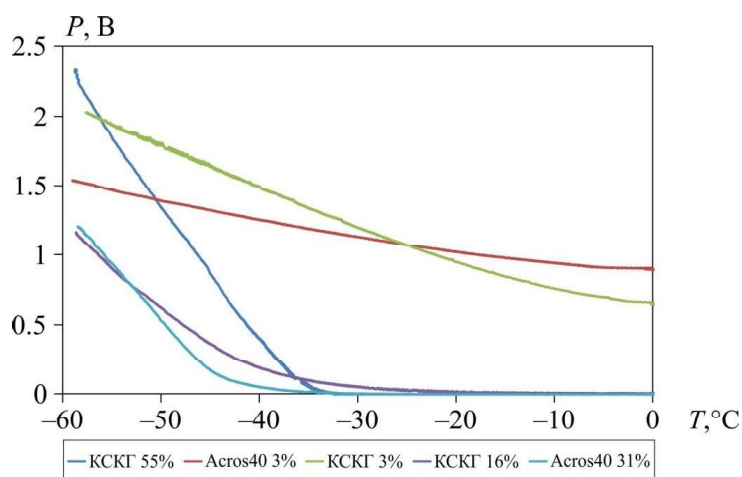


Рис. 4. Результаты измерений мощности микроволнового излучения (в единицах выходного напряжения диодного детектора) проходящего через волновод при охлаждении для силикагеля КСКГ и Acros / Fig. 4. The results of the power of microwave radiation measurements (in units of the output voltage of the diode detector) passing through the waveguide during cooling of silica gel KСКГ and Acros

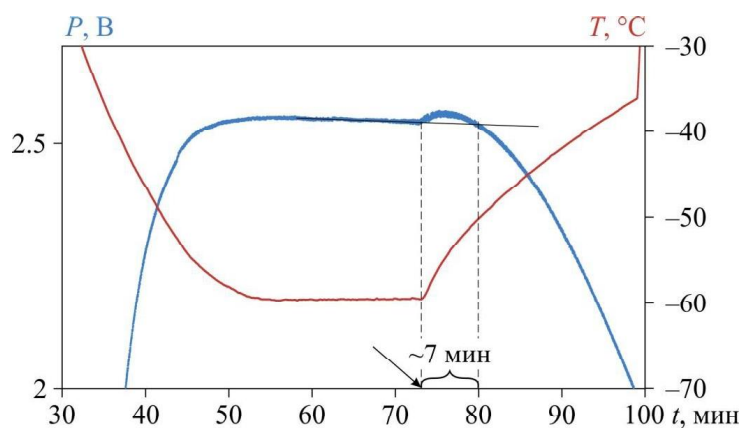


Рис. 5. Зависимость прошедшей мощности микроволнового излучения (в единицах выходного напряжения диодного детектора) и температуры образца от времени. Силикагель КСКГ, влажность 76 %. Стрелкой указан момент выключения холодильной камеры / Fig. 5. Dependence of the transmitted microwave power (in units of the output voltage of the diode detector) and the sample temperature on time. Silica gel KСКГ, humidity 76 %. The arrow indicates the moment when the refrigerator is turned off

**Заключение.** В пористых материалах температура начала превращения воды в лёд определяется размерами пор. Замерзание воды в силикагеле КСКГ начинается при температуре  $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в силикагеле Acros, у которого размер пор меньше, эта температура на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  сдвинута в сторону низких температур.

Вода в силикагеле находится как в порах, так и между частицами пористого материала и, в зависимости от влажности, меняется соотношение между водой в порах и водой между частицами силикагеля, что сказывается на процессе замерзания воды в силикагеле. С увеличением влажности силикагеля увеличивается наклон графической зависи-

мости проходящей мощности микроволнового излучения от температуры.

Из результатов измерений следует, что одной и той же мощности микроволнового излучения могут соответствовать два значения влажности пористого вещества. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке метода определения влажности пористого вещества с помощью микроволнового излучения. Наблюдалось влияние вибраций на прохождение микроволнового излучения через образец – величина проходящей мощности микроволнового излучения увеличивалась при отсутствии вибраций. Причину и природу этого явления предстоит выяснить в дальнейших исследованиях.

### Список литературы

1. Бордонский Г. С., Крылов С. Д. Структурные превращения переохлаждённой воды в нанопорах по данным о поглощении микроволнового излучения // Журнал физической химии. 2012. Т. 86, № 11. С. 1806–1812.
2. Angell C. A. Supercooled water // *Water: a comprehensive treatise, supercooled water* / ed. F. Franks. New York: Plenum, 1982. Vol. 7. P. 1–81.
3. Angell C. A. Amorphous water // *Annual Review of Physical Chemistry*. 2004. Vol. 55. P. 559–583.
4. Chaplin M. *Water Structure and Science*. URL: <http://www1.lsbu.ac.uk/water/index.html> (дата обращения: 11.04.2019). Текст: электронный.
5. Debenedetti P. G. Supercooled and glassy water // *Journal of Physics: Condensed Matter*. 2003. Vol. 15, No. 45. P. 1669–1726.
6. Debenedetti P. G., Stanley H. E. Supercooled and glassy water // *Physics Today*. 2003. Vol. 56, No. 6. P. 40–46.
7. Limmer D. T., Chander D. Phase diagram of supercooled water confined to hydrophilic nanopores // *Journal of Chemical Physics*. 2012. Vol. 137, No. 4.
8. Mishima O., Stanley H. E. The relationship between liquid, supercooled and glassy water // *Nature*. 1998. Vol. 396, No. 6709. P. 329–335.
9. Poole P. H., Sciortino F., Essmann U., Stanley H. E. Phase behavior of metastable water // *Nature*. 1992. Vol. 360, No. 6402. P. 324–328.
10. Stanley H. Liquid water: a very complex fluid // *Pramana*. 1999. Vol. 53, No. 1. P. 53–83.

### References

1. Bordonsky G. S., Krylov S. D. *Zhurnal fizicheskoy khimii* (Russian Journal of Physical Chemistry), 2012, vol. 86, no. 11, pp. 1806–1812.
2. Angell C. A. *Water: a comprehensive treatise, supercooled water* (Water: a comprehensive treatise, supercooled water) / ed. F. Franks. New York: Plenum, 1982, vol. 7, pp. 1–81
3. Angell C. A. *Annual Review of Physical Chemistry* (Annual Review of Physical Chemistry), 2004, vol. 55, pp. 559–583.
4. Chaplin M. *Water Structure and Science* (Water Structure and Science). URL: <http://www1.lsbu.ac.uk/water/index.html> (Date of access: 11.04.2019). Text: electronic.
5. Debenedetti P. G. *Journal of Physics: Condensed Matter* (Journal of Physics: Condensed Matter), 2003, vol. 15, no. 45, pp. 1669–1726.
6. Debenedetti P. G., Stanley H. E. *Phys. Today* (Phys. Today), 2003, vol. 56, no. 6, pp. 40–46.
7. Limmer D. T., Chander D. *J. Chem. Phys.* (J. Chem. Phys.), 2012, vol. 137, no. 4.
8. Mishima O., Stanley H. E. *Nature* (Nature), 1998, vol. 396, no. 6709, pp. 329–335.
9. Poole P. H., Sciortino F., Essmann U., Stanley H. E. *Nature* (Nature), 1992, vol. 360, no. 6402, pp. 324–328.
10. Stanley H. *Pramana* (Pramana), 1999, vol. 53, no. 1, pp. 53–83.

**Коротко об авторе** \_\_\_\_\_ **Briefly about the author**

Крылов Сергей Дмитриевич, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия. Область научных интересов: радиофизика, дистанционное зондирование, переохлаждённая вода  
lgc255@mail.ru

Sergey Krylov, candidate of physical-mathematical sciences, senior researcher, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: radio physics, remote sensing, super cooled water

**Образец цитирования** \_\_\_\_\_

Крылов С. Д. Особенности процесса замерзания воды в пористых материалах (по данным микроволновых исследований) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 45–51. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-45-51.

Krylov S. Features of the freezing process of water in porous materials according (to microwave research) // Transbaikalian State University Journal, 2019, vol. 25, no.7, pp. 45–51. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-45-51.

Статья поступила в редакцию: 19.06.2019 г.

Статья принята к публикации: 03.09.2019 г.

УДК 338; 348; 631  
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-52-61

## ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЛЕЧЕБНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ УСЛУГ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

## GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AS A FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF HEALTH SERVICES IN RURAL AREAS



**М. С. Оборин**, Пермский институт (филиал) Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова, г. Пермь  
recreachin@rambler.ru

**M. Oborin**, Perm Institute (branch) of the Russian Economic University named after G. V. Plekhanov, Perm

**С**татья посвящена изучению геолого-гидрогеологических особенностей территории потенциальных месторождений природных лечебных ресурсов регионов с курортно-рекреационной специализацией. Изучены направления исследований влияния геолого-гидрогеологических особенностей на качество минеральных вод и возможности их применения в лечебно-оздоровительном процессе в условиях санаторно-курортного комплекса сельских территорий. Тема статьи является актуальной, поскольку минеральные воды могут использоваться в промышленных масштабах и существенно повысить качество услуг курортной медицины регионов. Развитие санаторно-курортного комплекса территорий напрямую связано с природными лечебными факторами, оказывающими положительный эффект на психофизиологическое состояние человека. Большое значение приобретает исследование химических свойств минеральных вод, которые могут претерпеть негативное воздействие вследствие добычи и интенсификации освоения, утратить пользу с точки зрения оздоровления.

Целью статьи является выявление влияния геолого-гидрогеологических особенностей территории на качество минеральных вод Кунгурского месторождения Пермского края.

Рассматриваются актуальные вопросы добычи и эксплуатации месторождений минеральных вод, влияние на качество и возможность применения в лечебно-оздоровительных процедурах. Охарактеризованы минеральные воды скважин Кунгурского месторождения Пермского края, выявлены химические свойства и состав двух скважин, определены направления использования в лечебно-оздоровительной деятельности. Описаны геолого-гидрогеологические условия добычи минеральных вод, составлена комплексная характеристика скважин и выбора мест для бурения.

По результатам проведенного исследования выявлена высокая ценность минеральных вод для применения в лечебно-оздоровительных целях в условиях санаторно-курортных комплексов Пермского края

**Ключевые слова:** геолого-гидрогеологические особенности; природные лечебные ресурсы; курортно-рекреационная специализация; санаторно-курортный комплекс; минеральные воды; месторождение; окружающая среда; безопасность; лечебно-оздоровительная деятельность; химические свойства

**T**he article is devoted to the study of geological and hydrogeological features of the territory of potential deposits of natural medicinal resources of the regions with resort and recreational specialization. The directions of researches of influence of geological and hydrogeological features on quality of mineral waters and possibilities of their application in medical and improving process in the conditions of a sanatorium complex of rural territories are studied. The theme of the article is relevant, since mineral waters can be used on an industrial scale and will significantly improve the quality of services of resort medicine in the regions. The development of the health resort complex of the territories is directly related to natural therapeutic factors that have a positive effect on the psychophysiological state of a person. The study of the chemical properties of mineral waters is of great impor-

tance, which can undergo a negative impact due to the production and intensification of development, to lose the benefit in terms of recovery.

The purpose of the article is to identify the impact of geological and hydrogeological features of the territory on the quality of mineral waters of the Kungur Deposit of the Perm region.

The article deals with vital issues of mining and exploitation of mineral water deposits, the impact on the quality and the possibility of application in medical and health procedures. The mineral waters of the wells of the Kungur Deposit of the Perm region are characterized, chemical properties and composition of the two wells are revealed, directions of use in medical and recreational activities are determined. The geological and hydrogeological conditions of mineral water extraction are described; complex characteristics of wells and the choice of places for drilling are made.

The results of the study have revealed the high value of mineral waters for use in therapeutic purposes in the conditions of sanatorium-resort complex of the Perm region

**Key words:** geological and hydrogeological features; natural medical resources; resort and recreational specialization; sanatorium and resort complex; mineral waters; deposit; environment; safety; medical and health activity; chemical properties

**В**ведение. Природные лечебные ресурсы оказывают существенное влияние на социально-экономическое развитие регионов с курортно-рекреационной специализацией. Процесс добычи природных минеральных вод может негативно влиять на окружающую среду, нарушая привлекательность территории с точки зрения отдыха и лечения, что впоследствии окажет комплексный негативный эффект. В связи с этим влияние геолого-гидрогеологических особенностей добычи минеральных вод на качество экологии курортно-рекреационных территорий является актуальным направлением исследований.

В научной литературе высказывается мнение о том, что процесс добычи минеральных вод должен осуществляться при условии нанесения минимального ущерба для окружающей среды курорта, что возможно на основе принципиально новых методов добычи и очистки воды, актуализируются технологические цифровые способы геологоразведки на основе беспилотных летательных аппаратов и аэроспектральных фотографий, моделирование при помощи гибридных суперкомпьютеров [2; 3; 8; 9].

Другое направление исследований связано с характеристикой минеральных вод в качестве основы для применения в лечебно-оздоровительной деятельности предприятий санаторно-курортного комплекса, необходимостью оценки качества вод и их токсичности для организма человека. Отмечено, что хозяйственная деятельность человека может сделать природные минеральные воды непригодными к использованию в лечебно-оздоровительных целях [4; 6; 10; 12].

Большое внимание уделяется физико-химическим свойствам минеральных вод в зависимости от расположения месторождения и интенсивности обменных процессов и темпов освоения [1; 11].

*Методы исследования.* Системный и ситуационный подходы способствуют формированию комплексной характеристики минеральных вод в зависимости от условий добычи, месторождения, интенсивности обменных процессов. Методы лабораторного анализа характеристик минеральных вод позволяют выявить состав и химические свойства, определить ценность для здоровья человека и возможности применения в условиях санаторно-курортного комплекса.

*Результаты работы и область их применения.* Пермский край является одним из лидирующих регионов в области санаторно-курортного лечения, поскольку располагает разнообразными природными лечебными ресурсами, в том числе бальнеологическими. Кунгурское месторождение минеральных вод представлено двумя типами минеральных вод (источниками): скважина № 1/79 – крепкие хлоридные кальциево-натриевые бромные сероводородные йодные рассолы бальнеологического значения; скважина № 2/80 – хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые сероводородные воды бальнеологического значения;

Поисково-разведочные работы начались в 1976 г. по заявке Кунгурского городского совета народных депутатов для создания гидроминеральной базы с использованием минеральных вод в городском профилактории и в строящемся больничном комплексе с

физиотерапевтическим отделением с водогрязелечебницей на 20 ванн.

Поскольку результаты разведочных гидрогеологических работ в Пермской области свидетельствовали о региональном распространении в нижнепермских и каменноугольных отложениях сероводородных и йодо-бромных вод, принято решение о проведении на территории городского профилактория г. Кунгура разведочных работ на эти минеральные воды.

Район Кунгурского месторождения минеральных вод отнесен к восточной окраине Русской платформы, в пределах западного борта Сылвенской впадины. По гидрогеологическим условиям – к окраине Восточно-Русского артезианского бассейна с платформенными условиями формирования подземных вод в мощной толще осадочных пород палеозоя с четко выраженной вертикальной гидрохимической зональностью.

Гидрохимический разрез разведанной площади характеризуется закономерным нарастанием минерализации и изменением состава вод от гидрокарбонатно-кальциевого через сульфатный магниевый-кальциевый до хлоридно-натриевого. Поскольку верхняя часть разреза до глубины порядка 350...400 м, не имеет четко выраженных водупоров и является единой гидравлической системой, переход от одного типа вод к другому происходит постепенно, по законам нормальной гидрохимической зональности [5].

В зоне развития карста, до глубины порядка 70 м, распространены пресные сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые воды

с минерализацией менее 1 г/дм<sup>3</sup>, пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Вниз по разрезу с увеличением минерализации повышается содержание сульфат-иона, который начинает превалировать среди анионов. При минерализации вод 3 г/дм<sup>3</sup> главенствующая роль переходит к хлоридному иону, а среди катионов на первое место выходит натрий. После 10 г/дм<sup>3</sup> состав воды становится хлоридно-натриевым, в ней появляется сероводород, бром и йод.

Геолого-гидрогеологические условия водоносных комплексов Кунгурского месторождения охарактеризованы по результатам бурения и опробования скважин № 1/79 и 2/80.

Разведка крепких бромных сероводородных рассолов ориентировалась на отложения среднего и нижнего карбона глубиной до 1500 м и объемом добычи – 5 м<sup>3</sup>/сут (с учетом разбавления их до концентрации 20...30 г/дм<sup>3</sup>); разведка среднеминерализованных сероводородных вод – на отложения нижней перми и верхнего карбона глубиной до 700 м и объемом добычи – 50 м<sup>3</sup>/сут [7]. Площадка под строительство скважин выбрана рядом с лечебным корпусом профилактория, на его западной стороне. Предполагалось ограничить зону санитарной охраны скважин территорией профилактория. Разведка Кунгурского месторождения проводилась Уральской гидрогеологической партией гидрогеологического управления «Геоминвод» в 1979–1982 гг. Первоначально бурилась скв. № 1/79, которая пробурена до глубины 1469 м (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Конструкция скважины № 1/79\*/ Construction of well № 1/79

Интервал крепления, м/ Spacing of fixings, m	Диаметр колонны, мм/ Diameter of column, mm	Цементация/ Cementation
0–3	508	От башмака до устья/ From a curb to the collar
0–50,5	377	От башмака до устья/ From a curb to the collar
0–106,5	273	От башмака до устья/ From a curb to the collar
0–1127	168	От башмака до устья/ From a curb to the collar
1127–1469	124	Открытый ствол/ Open hole

\*составлено по данным [5; 6; 7]

Опробование скважины проводилось в 4 интервалах (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Геолого-гидрогеологическая характеристика интервалов опробования в скв. № 1/79\* /  
Geological and hydrogeological characteristics of testing intervals in well № 1/79\*

Вскрытый горизонт/ Open horizon		Гидрогеологическая характеристика/ Hydrogeological characteristics					Формула химического состава/ Chemical composition formula	Содержание специфич. компонентов, мг/дм <sup>3</sup> / Content of specific components', mg / dm <sup>3</sup>
Индекс/ Index	Литология/ Lithology	Интервал опробования, м / Interval of sampling, m	Статический уровень, м / Static level, m	Динамический уровень, м / Dynamic level, m	Понижение, м / degradation, m	Дебит, м <sup>3</sup> /сут. / Flow rate of, m <sup>3</sup> / day.		
P <sub>1a</sub>	Известняки / Limestones	106–674	27,7	50	22,3	40,8	M <sub>26,5</sub> $\frac{Cl86 SO_4 12 HCO_3 2}{(Na+K)85 Ca9 Mg6}$	H <sub>2</sub> S – 140,2; Br – 25,6; J – 1,0
P <sub>1as+sk</sub>	Известняки/ Limestones	106–927	21,4	22,9	1,5	43,2	M <sub>9,9</sub> $\frac{Cl75 SO_4 19 HCO_3 6}{(Na+K)78 Ca14 Mg8}$	H <sub>2</sub> S – 57,6
C <sub>3</sub>	Доломиты/ Dolomites	922–1254	24,1	76,0	51,9	31,1	M <sub>56,2</sub> $\frac{Cl96}{(Na+K)77 Ca16 Mg7}$	
C <sub>2m</sub>	Известняки, Доломиты/ Limestones, dolomites	1127–1469	38,0	390,0	352,0	54,19	M <sub>289,8</sub> $\frac{Cl99}{(Na+K)95 Ca24 Mg11}$	Br – 740,0 ; J – 6,0; H <sub>2</sub> S – 180–220

\*составлено по данным [5; 6; 7]

Как видно из табл. 2, в нижнепермских отложениях (верхние интервалы 1, 2) и в верхнекаменноугольных (интервал 3) минеральных вод необходимого объёма (50 м<sup>3</sup>/сут) не обнаружено. В качестве бальнеологических лечебных вод требуемого объёма (50 м<sup>3</sup>/сут) и качества (H<sub>2</sub>S – 100...200 мг/дм<sup>3</sup>) могли выступать лишь воды из интервала 1127...14 695 м мячковских отложений среднего карбона. Полученные из скв. № 1/79 воды представляют собой крепкие хлоридные кальциево-натриевые бромные сульфидные рассолы с минерализацией 260...292 г/дм<sup>3</sup>, содержанием сероводорода – 120...220 мг/дм<sup>3</sup>, брома – 740...1000 мг/дм<sup>3</sup> и дебитом 54,19 м<sup>3</sup>/сут.

В соответствии со справкой о кондициях на минеральные воды Кунгурского участка (скв. № 1/79 и № 2/80), выданной Центральным институтом курортологии и физиотерапии № 14/566 от 25.04.1983 г., вскрытые скважины № 1/79 рассолы могут быть использованы в бальнеологических целях.

Другая скважина № 2/80 заложена в 20 м северо-западнее скв. № 1/79 с целью вывода среднеминерализованных сероводородных вод из отложений нижней перми и верхнего карбона. Бурение скважины проводилось Уральской гидрогеологической партией до глубины 421 м (табл. 3).

Таблица 3/ Table 3

Конструкция скважины № 2/80\* / Construction of well № 2/80

Интервал крепления, м / Spacing of fixings, m	Диаметр колонны, мм / Diameter of column, mm	Цементация / Cementation
0–3	508	От башмака до устья / From a curb to the collar
0–70	273	От башмака до устья / From a curb to the collar
70–100	215	От башмака до устья / From a curb to the collar
100–421	202	От башмака до устья / From a curb to the collar

\*составлено по данным [5; 6; 7]

Опробование скважины проводилось в трех интервалах. Геолого-гидрогеологическая характеристика и формула химического состава вод вскрытых интервалов представлена в табл. 4.

Таблица 4 / Table 4

Геолого-гидрогеологическая характеристика интервалов опробования в скв. № 2/80\* /  
Geological and hydrogeological characteristics of testing intervals in well № 2/80

Вскрытый горизонт / Open horizon		Гидрогеологическая характеристика / Hydrogeological characteristics					Формула химического состава / Chemical composition formula Статический уровень, м / Static level, m	Содержание специфич. компонентов, мг/дм <sup>3</sup> / Content of spe- cific. compo- nents, mg / dm <sup>3</sup> Индекс / index
Индекс / index	Литология / lithology	Интервал опробования, м / Interval of sampling, m	Статический уровень, м / Static level, m	Индекс / Index	Литология / Lithology	Интервал опробования, м / Interval of sampling, m		
P <sub>1</sub> a srg	Известняки	70–100	20,40	59,60	39,20	34,6	M <sub>2,2</sub> Cl43 SO <sub>4</sub> 37 HCO <sub>3</sub> 20 (Na+K)44 Ca29 Mg26	H <sub>2</sub> S – 15
P <sub>1</sub> a srg+irg+br	Известняки / Limestones	70–250	18,30	29,70	11,40	67,2	M <sub>3,77</sub> Cl70 SO <sub>4</sub> 24 HCO <sub>3</sub> 6 (Na+K)67 Ca19 Mg13	H <sub>2</sub> S – 69,7
P <sub>1</sub> a irg+br	Известняки / Limestones	70–421	18,40	48,40	30,0	40,6	M <sub>7,38</sub> Cl68 SO <sub>4</sub> 28 HCO <sub>3</sub> 4 (Na+K)51 Ca20 Mg19	H <sub>2</sub> S – 103,5

\*составлено по данным [5; 6; 7]

Как видно из табл. 4, в нижнепермских отложениях (верхние интервалы 1...2) минеральных вод необходимого качества (H<sub>2</sub>S – 100...200 мг/дм<sup>3</sup>) не обнаружено. В качестве бальнеологических лечебных вод требуемого качества (H<sub>2</sub>S – 100...200 мг/дм<sup>3</sup>) могли выступить лишь воды из интервала 70...421 м иренских и бурцевских отложений нижней перми. Полученные из скв. № 2/80 воды представляют собой среднеминерализованные хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые с минерализацией 7,1...7,38 г/дм<sup>3</sup>, содержанием сероводорода – 71,4...103,5 мг/дм<sup>3</sup> и дебитом 40,6 м<sup>3</sup>/сут. Качество сульфидных бромных рассолов изучено Уральской гидрогеологической каптажной партией конторы «Геоминвод». В соответствии со справкой № 14/566 о кондициях на минеральные воды Кунгурского участка (скв. № 1/79 и № 2/80), выданной Центральным институтом курортологии и физиотерапии 25.04.1983 г., вскрытые скважиной № 2/80 рассолы могут быть использованы в бальнеологических целях.

Самая глубокая скважина на этом объекте – № 1/79 (1469 м), которой вскрыты средне- и верхнекаменноугольные образования,

ассельско-сакмарские и артинские отложения нижней перми. Сверху толща перекрыта четвертичными отложениями.

Источник скв. № 1/79 – крепкие хлоридные кальциево-натриевые бромные сероводородные йодные рассолы залегают среди пород башкирского, каширско-верейского и мячковско-подольского водоносных горизонтов среднего карбона в интервале глубин 1127...1469 м.

Породы башкирского яруса (интервал 1378...1448 м) представлены известняками серыми, плотными, участками окремнёнными, с гнездами и включениями кальцита. Породы верейского горизонта (инт. 1330...1378 м) представлены переслаиванием известняков доломитизированных серых плотных, доломитов тёмно-серых, почти чёрных, плотных, аргиллитов чёрных слоистых. Породы каширского горизонта (инт. 1330...1378 м) – доломитами, известняками серыми плотными с редкими прослоями аргиллитов и мергелей со стилолитовыми швами, заполненными глинистым материалом и гипсом; подольского (инт. 1190...1265 м) – доломитами серыми плотными с прослоями мергеля, аргиллита, с



чешуйками и включениями кальцита; мячковского (инт. – 985...1190 м) – переслаиванием доломитов, доломитизированных известняков серых плотных.

Воды водоносного комплекса характеризуются высокой минерализацией 260...292 г/дм<sup>3</sup> с содержанием сероводорода – 120...220 мг/дм<sup>3</sup>, брома – 740...1000 мг/дм<sup>3</sup> и представляют собой крепкие хлоридные кальциево-натриевые бромные сульфидные рассолы.

Мощность всех водоносных горизонтов вскрытых скв. № 1/79 составляет 342 м (инт. 1127...1469 м). В этом интервале скважина 1/79 опробована дебитом 54,19 м<sup>3</sup>/сут при понижении 352 м, где статический уровень составил 38 м, а динамический – 390 м от поверхности земли.

При бурении скважины опробованы ещё три интервала: водоносные породы верхнего карбона (инт. 922...1254 м), ассельско-сакмарских отложений нижней перми (инт. 106...927 м) и артинских отложений нижней перми (инт. 106...674 м). Отложения этих интервалов не дали минеральных вод необходимого объёма (50 м<sup>3</sup>/сут) и качества (H<sub>2</sub>S – 100...200 мг/дм<sup>3</sup>), однако 1-й интервал имел близкие значения. Поэтому в 20 м северо-западнее от скв. № 1/79 заложена скв. № 2/80 с целью вывода среднеминерализованных сероводородных вод из отложений нижней перми и верхнего карбона для расширения лечебной бальнеологической базы санатория.

Источник скважины № 2/80 – хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые сероводородные воды вскрыты среди пород иргинских и бурцевских отложений артинского яруса нижней перми в интервале глубин 70...421 м.

Бурцевско-иргинский горизонт сложен известняками серыми, буровато-серыми плотными кремнистыми. Мощность его –

330 м (инт. 140...470 м). Вышележащий саргинский горизонт представлен серыми, голубовато-серыми рифогенными известняками мощностью 70 м (инт. 70...140 м). Встречаются единичные обломки кварца, пирита.

Опробование скважины № 2/80 проводили в 3 интервалах: саргинский (инт. 70...100 м), совместно саргинский, иргинский и бурцевский (инт. 70...250 м) и отдельно иргинский и бурцевский.

В нижнепермских отложениях (верхние интервалы 1, 2) минеральных вод необходимого качества (H<sub>2</sub>S – 100...200 мг/дм<sup>3</sup>) обнаружено не было. В качестве бальнеологических лечебных вод требуемого качества (H<sub>2</sub>S – 100–200 мг/дм<sup>3</sup>) могли выступать лишь воды из интервала 70...421 м иренских и бурцевских отложений нижней перми. В этом интервале скважина 2/80 опробована дебитом 40,6 м<sup>3</sup>/сут, где статический уровень составил 18,4 м, а динамический – 48,4 м от поверхности земли. Понижение – 30 м.

Полученные скважины № 2/80 воды представляют собой среднеминерализованные хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые с минерализацией 7,1...7,38 г/дм<sup>3</sup>, содержанием сероводорода – 71,4...103,5 мг/дм<sup>3</sup> лечебных концентраций.

Качество подземных вод объекта оценивалось по результатам опробования вод скважин на полный химический анализ, микробиологические исследования и водорастворённый газовый состав.

Опробование скважины № 1/79 проводилось Уральской гидрогеологической капитальной партией конторы «Геоминвод» в 1982 г. (табл. 5). По данным полного химического анализа пробы подземные воды представляют собой крепкие хлоридные кальциево-натриевые бромные железистые рассолы вскрытые скважиной в интервале 1127...1469 м.

Таблица 5 / Table 5

*Сводная таблица результатов лабораторных исследований полного анализа проб минеральных вод из скважин № 1/79 и № 2/80\* / Summary table of laboratory results of complete analysis of mineral water samples from wells № 1/79 and № 2/80*

Определяемые показатели, единицы измерения / Defined indicators, units of measurement	Месторождение / Deposit	
	Скв. № 1/79 / Well № 1/79	Скв. № 2/80 / Well № 2/80
Дата отбора пробы / Sampling date	27.12.82	26.08.82
Интервал / Interval	1127–1469	70–421
Водородный показатель, ед. PH / Hydrogen index, pH unit	6,2	7,05

Продолжение табл. 5

Определяемые показатели, единицы измерения / Defined indicators, units of measurement	Месторождение / Deposit	
	Скв. № 1/79 / Well № 1/79	Скв. № 2/80 / Well № 2/80
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup> / Chlorides, mg / dm <sup>3</sup>	179 849,2	2404,6
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup> / Sulphates, mg / dm <sup>3</sup>	485,6	1822,1
Гидрокарбонат / Hydrocarbonate	158,6	440,4
Кальций, мг/дм <sup>3</sup> / Calcium, mg / dm <sup>3</sup>	23 640,8	541,9
Магний, мг/дм <sup>3</sup> / Magnesium, mg / dm <sup>3</sup>	7174,6	233,9
Натрий, мг/дм <sup>3</sup> / Sodium, mg / dm <sup>3</sup>	74 730,7	1534,3
Калий, мг/дм <sup>3</sup> / Potassium, mg / dm <sup>3</sup>	1921,0	10,4
Общая минерализация, г/дм <sup>3</sup> / Total mineralization, g/ dm <sup>3</sup>	290,4702	7,0865
Сухой остаток, г/дм <sup>3</sup> / Dry residue, g/ dm <sup>3</sup>	287,100	7,03
Нитриты, мг/дм <sup>3</sup> / Nitrites, mg / dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	не обн./ not det
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> / Nitrates, mg / dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	не обн./ not det
Фториды, мг/дм <sup>3</sup> / Fluorides, mg / dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	1,4
Алюминий, мг/дм <sup>3</sup> / Aluminum, mg/dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	не обн./ not det
Марганец, мг/дм <sup>3</sup> / Manganese, mg / dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	не обн./ not det
Медь, мг/дм <sup>3</sup> / Copper, mg/dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	не обн./ not det
Никель, мг/дм <sup>3</sup> / Nickel, mg / dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	не обн./ not det
Свинец, мг/дм <sup>3</sup> / Lead, mg / dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	не обн./ not det
Кобальт, мг/дм <sup>3</sup> / Cobalt, mg / dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	не обн./ not det
Стронций, мг/дм <sup>3</sup> / Strontium, mg / dm <sup>3</sup>	615,0	21,5
Цинк, мг/дм <sup>3</sup> / Zinc, mg / dm <sup>3</sup>	не обн./ not det	не обн./ not det
Литий / Lithium	11,0	0,3
Аммоний / Ammonium	250,0	2,5
Бромид, мг/дм <sup>3</sup> / Bromide, mg / dm <sup>3</sup>	997,5	3,2
Иодид, мг/дм <sup>3</sup> / Iodide, mg/ dm <sup>3</sup>	10,5	не обн./ not det
Гидросульфат / Bisulfate	не обн./ not det	не обн./ not det
Гидросульфид / Hydrosulfide	18,1	32,3
Тиосульфид / Thiosulfid	не обн./ not det	не обн./ not det
Сульфид(т) / Sulfide(t)	не обн./ not det	не обн./ not det
Карбонат / Carbonate	не обн./ not det	не обн./ not det
Сероводород общий / Hydrogen sulfide is a common	119,0	71,4
в т.ч. свободный / including free	100,3	38,1
Кремниевая кислота / Silicic acid	2,4	9,4
Мышьяковистая / Arsenous	не обн./ not det	не обн./ not det
Мышьяковая / Arsenic	не обн./ not det	не обн./ not det
Борная кислота / Boric acid	605,2	
Метаборная кислота / Metabolic acid		23,8
Гидрофосфат / Hydrophosphate	не обн./ not det	не обн./ not det
Гидросиликат / Hydrosilicate	не обн./ not det	не обн./ not det
Гидроарсенит/ Hidroaysen	не обн./ not det	не обн./ not det
Железо +2 / Iron +2	не обн./ not det	4,5

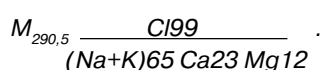
Окончание табл. 5

Железо +3 / Iron +3	не обн./ not det	не обн./ not det
Формула химического состава (Курлова) / Chemical composition formula (Kurlova)	$M_{290,5} \frac{Cl99}{(Na+K)65 Ca23 Mg12}$	$M_{7,1} \frac{Cl59 SO_{33}}{(Na+K)58 Ca24 Mg17}$
Микробиологический состав/ Microbiological composition		
ОМЧ (общее микробное число) / TMC (total microbial count)	0	100
Коли-титр / Coli-titer	>333	333
Наличие патогенной микрофлоры / The presence of pathogenic organisms	не обн./ not det	не обн./ not det

\*составлено по данным [5; 6; 7]

Преобладающими макрокомпонентами минеральных вод скв. № 1/79 является хлор, находящийся в водах в количестве 179,8 г/дм<sup>3</sup>, натрий – 74,7 г/дм<sup>3</sup>, кальций – 23,6 г/дм<sup>3</sup>. Подчинённые значения имеют магний – 7,1 г/дм<sup>3</sup>, калий – 1,9 г/дм<sup>3</sup>, сульфаты – 0,48 г/дм<sup>3</sup>, гидрокарбонаты – 0,16 г/дм<sup>3</sup>. В качестве бальнеологических микрокомпонентов в водах преобладает сероводород в количестве 119 мг/дм<sup>3</sup>, в том числе свободный – 100,3 мг/дм<sup>3</sup>, бром – 997,3 мг/дм<sup>3</sup>, йод – 10,5 г/дм<sup>3</sup>. Из других микрокомпонентов отмечается значительное содержание аммония – 250 мг/дм<sup>3</sup>, стронция – 615 мг/дм<sup>3</sup>, борной кислоты – 605,2 мг/дм<sup>3</sup>, которые не имеют лечебной значимости.

Формула химического состава



По результатам кратких анализов проб воды, выполненных при откачках, содержание основного бальнеологически активного компонента сероводорода колеблется в пределах 180...217 мг/дм<sup>3</sup>, общая минерализация – 269,12...292 мг/дм<sup>3</sup>. В санитарно-бактериологическом отношении вода вполне удовлетворительная – коли-титр > 333, общее микробное число – 0 (воды бактериально чистые).

Результаты лабораторных исследований отражены в табл. 6.

Таблица 6 / Table 6

Сводная таблица результатов лабораторных исследований водорастворённого газового состава в пробах минеральных вод скважин № 1/79 и № 2/80\* / Summary table of results of laboratory studies of water-soluble gas composition in samples of mineral water wells № 1/79 and № 2/80

Показатель/ Indicator	Скв. № 1/79/ Well № 1/79	Скв. № 2/80/ Well № 2/80	
Дата отбора / date of selection	01.02.1983 г.	13.09.1982 г.	28.09.1982 г.
Кол-во газа, мл/л / Number of gas, ml / l	94,5	122,6	115,7
Сероводород (H <sub>2</sub> S), об.%/мл/л / Hydrogen sulfide (H <sub>2</sub> S), vol. % / ml/l	75,17	33,28	36,02
Азот (N <sub>2</sub> ), об.%/мл/л / Nitrogen (N <sub>2</sub> ), vol. % / ml/l	11,62	34,22	33,89
Углекислый газ (CO <sub>2</sub> ), об.%/мл/л / Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ), vol. % / ml/l	5,93	29,85	26,67
Метан (CH <sub>4</sub> ), об.%/мл/л / Methane (CH <sub>4</sub> ) vol. % / ml/l	4,59	0,31	0,54
Кислород (O <sub>2</sub> ), об.%/мл/л / Oxygen (O <sub>2</sub> ), vol. % / ml/l	1,62	1,24	2,01
Аргон (Ar), об.%/мл/л / Argon (Ar), vol. % / ml/l	0,40	0,79	0,85
Водород (H <sub>2</sub> ), об.%/мл/л / Hydrogen (H <sub>2</sub> ), vol. % / ml/l	0,1658	0,001	0,01
Гелий (He), об.%/мл/л / Helium (He), vol. % / ml/l	0,017	0,0071	0,0074

\*составлено по данным [5; 6; 7]

Растворённый газ представлен в основном сероводородом (75,17 об. %), содержится небольшое количество азота (11,62 об. %), углекислого газа (5,93 об. %), метана (4,59 об. %), кислорода (1,62 об. %), аргона (0,4 об. %), гелия (0,0170 об. %).

**Заключение.** Состав и качество природных лечебных ресурсов зависит от геолого-гидрогеологических особенностей расположения месторождения, способов добычи, методов очистки и эксплуатации, а также темпов освоения. В научной литературе качество минеральных вод рассматривается с точки зрения нескольких основных аспектов: минимального экологического ущерба для курортно-рекреационной территории, безопасного применения для человека и достижения полезного лечебно-оздоровительного эффекта.

Влияние геолого-гидрогеологических особенностей территории на качество минеральных вод рассмотрено на примере Кунгурского месторождения Пермского края.

По результатам полного химического анализа вскрытые скважины № 1/79 воды

характеризуются высокой минерализацией – до 289,8 г/дм<sup>3</sup>, повышенным содержанием сероводорода – 180–200 мг/дм<sup>3</sup>, брома – 740 мг/дм<sup>3</sup>, и являются объектом в качестве эффективного лечебного средства для бальнеолечения подобно водам курорта «Усть-Качка», ООО «Апи-спа» и др. Источник является перспективным для добычи минеральных вод бальнеологического действия.

В процессе проведения опытных откачек доказана неизменность химического состава рассолов при длительных откачках. Стабильность их качества в течение неограниченного срока эксплуатации обоснована региональным распространением водоносного комплекса среднекаменноугольных отложений, выдержанностью и надёжностью водоупоров, изолирующих их от смежных водоносных комплексов. Участок минеральных вод скв. № 1/79 подготовлен для промышленного освоения, минеральные воды могут широко применяться на предприятиях санаторно-курортного комплекса в лечебно-оздоровительных целях.

#### Список литературы

1. Егоров С. И., Шестов И. Н., Шувалов В. М. Питьевые лечебные, лечебно-столовые, бальнеологические и промышленные подземные воды Предуралья // Вестник Пермского университета. Серия «Геология». 2007. Вып. 4. С. 135–147.
2. Ильюшин Ю. В., Першин И. М. Метод управления температурным полем на основе функции Грина // Записки Горного института. 2015. Т. 214. С. 57–70.
3. Ильюшин Ю. В., Трушников В. Е. Многопоточный анализ данных сейсморазведки с использованием компьютерных технологий // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 5. С. 230–235.
4. Коханенко А. А. Геологические вопросы эксплуатации месторождений лечебных минеральных вод курортных местностей Красноярского края // Вестник Томского государственного университета. 2008. № 307. С. 169–172.
5. Оборин М. С. Развитие экологического каркаса рекреационных объектов как основы сохранения их природно-лечебного потенциала // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. 2010. № 1. С. 105–108.
6. Оборин М. С. Подземные минеральные воды как базис развития туристско-рекреационных и курортных территорий // Вестник Удмуртского государственного университета. 2010. № 2. С. 11–15.
7. Оборин М. С. Экологический каркас рекреационных систем лечебно-оздоровительного направления // Вестник Ставропольского государственного университета. 2011. № 3. С. 184–188.
8. Первухин Д. А., Ильюшин Ю. В. Параллельный анализ геоданных гидrolитосферных пластов минеральной воды кисловодского месторождения нарзана // Записки горного института. 2016. Т. 221. С. 706–711.
9. Al-Garni M. A. Geophysical investigations for groundwater in a complex surface terrain, Wadi Fatima, KSA: a case history // Jordan Journal of Civil Engineering. 2009. Vol. 3, No. 2. P. 118–136.
10. Venkata Rao G., Kalpana P, Rao R. S. Groundwater investigation using geophysical methods-a case study of Pydibhimavaram industrial area // International Journal of Research in Engineering and Technology. 2014. Vol. 3. P. 13–17.
11. Oyedele E. A.-A., Olayinka A. I. Statistical evaluation of groundwater potential of Ado-Ekiti, Southwest, Nigeria // Transnational Journal of Science and Technology. 2012. No. 2. P. 110–127.
12. Ojoina O. A. Hydrogeophysical investigation for groundwater in Lokoja Metropolis, Kogi State, Central Nigeria // Journal of Geography and Geology. 2014. Vol. 6, No. 1. P. 1–10.

---

**References**

---

1. Egorov S. I., Shestov I. N., Shuvalov V. M. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya "Geologiya"* (Bulletin of the Perm University. Series "Geology"), 2007, Issue. 4, pp. 135–147.
2. Ilyushin Yu. V., Pershin I. M. *Zapiski Gornogo instituta* (Notes of the Mining Institute), 2015, vol. 214, pp. 57–70.
3. Ilyushin Yu. V., Trushnikov V. E. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining news and analytical bulletin), 2015, no. 5, pp. 230–235.
4. Kokhanenko A. A. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Tomsk State University Bulletin), 2008, no. 307, pp. 169–172.
5. Oborin M. S. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* (Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University), 2010, no. 1, pp. 105–108.
6. Oborin M. S. *Vestnik Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Udmurt State University), 2010, no. 2, pp. 11–15.
7. Oborin M. S. *Vestnik Stavropolskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Stavropol State University), 2011, no. 3, pp. 184–188.
8. Pervukhin D. A., Ilyushin Yu. V. *Zapiski gornogo instituta* (Notes of the Mining Institute), 2016, vol. 221, pp. 706–711.
9. Al-Garni M. A. *Jordan Journal of Civil Engineering* (Jordan Journal of Civil Engineering), 2009, vol. 3, no. 2, pp. 118–136.
10. Venkata Rao G., Kalpana P, Rao R. S. *Journal of Research in Engineering and Technology* (Journal of Research in Engineering and Technology), 2014, vol. 3, pp. 13–17.
11. Oyedele E. A. A., Olayinka A. I. *Transnational Journal of Science and Technology* (Transnational Journal of Science and Technology), 2012, vol. 2, no. 6, pp. 110–127.
12. Ojoina O. A. *Journal of Geography and Geology* (Journal of Geography and Geology), 2014, vol. 6, no. 1, pp. 1–10.

**Коротко об авторе****Briefly about the author**

*Оборин Матвей Сергеевич*, д-р экон. наук, профессор кафедры экономического анализа и статистики, Пермский институт (филиал) Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова; профессор кафедры мировой и региональной экономики, экономической теории, Пермский государственный национальный исследовательский университет; профессор кафедры менеджмента, Пермский государственный аграрно-технологический университет им. Д. Н. Прянишникова, г. Пермь, Россия; профессор кафедры управления и технологий в туризме и сервисе, Сочинский государственный университет, г. Сочи, Россия. Область научных интересов: региональная экономика, сельский туризм, экономика курортного дела, экономика туризма, экономика АПК, устойчивое развитие региона, сфера услуг [recreachin@rambler.ru](mailto:recreachin@rambler.ru)

*Matvey Oborin*, doctor of economic sciences, professor, Economic Analysis and Statistics department, Perm Institute (branch) of the Russian Economic University named after G. V. Plekhanov; professor, World and Regional Economics department, Economic Theory, Perm State National Research University, Perm, Russia; professor, Management department, Perm State Agrarian-Technological University named after D. N. Pryanishnikov; professor, Management and Technology in Tourism and Service department, Sochi State University, Sochi, Russia. Sphere of scientific interests: regional economy, rural tourism, economy of resort business, economy of tourism, economy of AIC, sustainable development of the region, sphere of services

**Образец цитирования**

---

Оборин М. С. Геолого-гидрогеологические условия как фактор развития лечебно-оздоровительных услуг сельских территорий // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 52–61. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-52-61.

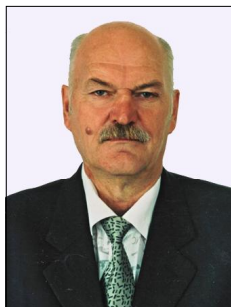
Oborin M. Geological and hydrogeological conditions as a factor in the development of health services in rural areas // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no. 7, pp. 52–61. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-52-61.

Статья поступила в редакцию: 04.02.2019 г.  
Статья принята к публикации: 03.09.2019 г.

УДК. 669. 3. 662.271/234/342/  
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-62-69

## ОБОСНОВАНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА РАСТВОРЕНИЯ МЕТАЛЛА В УСЛОВИЯХ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

### SUBSTANTIATION OF THE SPEED MODE OF METAL DISSOLUTION IN THE CONDITIONS OF THE SYSTEM APPROACH



**Ю. И. Рубцов**, Забайкальский государственный университет, г. Чита  
jri.rubtsow@yandex.ru

**Yu. Rubtsov**, Transbaikal State University, Chita

**В** цианидной добыче золота из минерального сырья разработка эффективной схемы напрямую связана с сокращением продолжительности производственных переделов. Материалы, опубликованные ранее по данной теме, не нашли своей реализации ни в учебных программах (которые почти ежегодно сокращаются), ни в проектных организациях. В связи с этим золотосодержащее минеральное сырьё в РФ используется крайне нерационально, в том числе, и из-за профессиональной неподготовленности специалистов. Возникла необходимость ещё раз изложить теоретические основы скоростного режима выщелачивания золота и других полублагородных металлов. На примере исследования реакций металлов с реагентами, включающих образование комплексных соединений и автокатализ, показана вероятность максимума скорости растворения. Экспериментальное изучение теоретических выводов в лабораторных условиях исследовано методом вращающегося диска на примере растворения меди, висмута и золота. Подтверждено теоретическое положение о максимуме скорости растворения металлов в изомольной системе. Использование основных положений о максимуме скорости растворения благородных и полублагородных металлов возможно и в производственных условиях, что позволяет изыскивать пути к повышению эффективности технологии. Так, в условиях полупромышленных испытаний выщелачивания золотосодержащего концентрата в цианидных накислороженных растворах на конусах Иргиредмет в артели Искра степень извлечения золота повышена с 50 до 96 %. При полупромышленных испытаниях кучного выщелачивания золота пробы месторождения «Погромное» степень выщелачивания золота доведена до 82...84 % при сокращении цикла выщелачивания в 4 раза. Американские учёные начали признавать эффективность накислороживания цианидных растворов. Изложенные материалы актуальны и могут использоваться в учебном процессе, при планировании исследований в научных и проектных организациях

**Ключевые слова:** реагенты; скорость растворения металла; изомольная концентрация; максимум скорости; раствор цианида; выщелачивание золота; продолжительность выщелачивания; степень выщелачивания; накислороживание; эффективность

In cyanide gold mining, the development of an efficient scheme is directly linked to a reduction of production renovations duration. Previously published materials on this topic have not been implemented either in training programs (which are reduced almost every year), or in design organizations. In this regard, the use of gold-bearing mineral raw materials in the Russian Federation is extremely irrational, including the lack of specialists' training. There was a necessity once again to state theoretical bases of a high-speed mode of gold leaching and other semi-precious metals. The probability of dissolution maximum speed has been shown on the example of the reactions research of metals with reagents including formation of complex compounds and autocatalysis. The experimental research of theoretical conclusions in laboratory conditions has been studied by the rotating disc

method on the example of copper, bismuth and gold dissolution. The theoretical position on the maximum speed of metals' dissolution in the isomol system has been confirmed. The use of basic provisions on the maximum dissolution rate of precious and semi-precious metals is also possible under the industrial conditions, which allows to search for ways of improving the technology efficiency. So, the conditions of pilot plant testing of leaching the gold concentrate cyanide in air saturated solutions on the Irgiredmet cones in the joint adventure «Iskra» gold extraction rate has increased from 50-53 % to 94-96 %. In pilot scale trials of heap leaching of gold sample field «Pogrom» the degree of leaching of gold has increased to 82-84 % while the leach cycle has been reduced in 4 times. American scientists have already begun to recognize the effectiveness of cyanide solutions acidification. The materials presented in the article are relevant and can be used in the educational process, in the planning of scientific research and design organizations

**Key words:** reagents; metal dissolution rate; isomol concentration; maximum speed; gold leaching; reduction of leaching time; leaching duration; leaching degree; acidification; efficiency

**В**ведение. Одной из причин, сдерживающих освоение небольших золоторудных месторождений, является недостаточность теоретических предпосылок, направленных на существенное сокращение продолжительности процесса. Недостаточная скорость процесса и невысокая степень извлечения золота при использовании цианидной технологии добычи привели к замене метода, имеющего существенную роль в развитии Забайкалья до 70-х гг. прошлого века, на флотационный. При этом золотодобывающим предприятиям отводилась незавидная доля на уровне поставщиков минерального сырья в виде золотосодержащих концентратов. Основную прибыль от реализации товарного золота получали металлургические предприятия Урала и европейской части России. Цианидная технология добычи золота в Забайкалье, как и во всей России, фактически исчезла. Небольшие перерабатывающие комплексы, имеющиеся в Балее, Ключах и других предприятиях служили испытательными полигонами для НИИ. В связи с тем, что в развитых странах основная доля добычи приходилась на технологии с использованием цианидов, а также в связи с истощением богатых золоторудных месторождений возникла необходимость в разработке совершенных цианидных технологий как для эффективной переработки золоторудных концентратов, так и для бедных окисленных и полуокисленных кварцитовых руд.

Объектом исследований являлись химически чистые висмут и медь в виде штабиков диаметром до 10 мм, золото в виде тонких пластинок, тонкой стружки или ватина, окисленная и полуокисленная руда, добытая из карьеров малых золоторудных месторождений с глубиной залегания 5...50 м.

Предметом исследований являлась скорость растворения золота в классических и наислороженных при атмосферных условиях цианидных растворах.

Цель исследования – увеличение скорости растворения и степени извлечения золота.

Для достижения цели в кинетических условиях растворения золота использовался метод вращающегося диска, в условиях диффузионного торможения исследования проводились методом «поршневого орошения» в перколяторах высотой 2...2,5 м цианидным и наислороженным цианидным раствором. Использовались пробирный, атомно-абсорбционный, химический, физико-химический, весовой и кинетический методы анализа.

Методология исследования основана на комплексном системном подходе к решению важной народно-хозяйственной проблемы и включает критический анализ литературных источников и совершенствование цианидной технологии извлечения золота путём наислороживания цианидных растворов.

По мнению Л. Мейтиса [3], коллективное взаимодействие компонентов при растворении металла более точно учитывается при системном подходе к изучению. При этом возможно выявить экстремальный характер зависимости скорости растворения металла от концентрации реагентов, например, в координатах «скорость растворения металла – изомольная концентрация реагентов», где скорость является функцией гетерогенной системы. Различные явления в растворах – химические взаимодействия, ассоциация, катализ, гидролиз, сорбция и другие, протекающие между реагентами, реагентами и растворителем, реагентами и продуктами

реакции, продуктами растворения и твёрдой фазой, – количественно влияют на значение скорости растворения металла. Если на графической зависимости скорости от состава реагентов наблюдается максимум, то он является следствием всех возможных взаимодействий между компонентами системы.

Рассмотрим несколько вариантов таких взаимодействий. Так, растворение серебра в растворе хлорного железа формально можно описать реакцией  $FeCl_3 + Ag = AgCl + FeCl_2$ . Согласно положению о формальной кинетике, уравнение скорости растворения серебра будет иметь вид

$$v = k \cdot C_{FeCl_3}. \quad (1)$$

При учёте катализа соляной кислотой в ассоциации с хлоридами железа (II и III) ограничиваемся комплексами с соотношением реагентов 1:1, определяемым отношением лиганда к реагенту, равным 1:1 и без учёта параллельных реакций для скорости растворения серебра получаем упрощённое кинетическое уравнение (2)

$$v = \frac{k \cdot C_{HCl} \cdot C_{FeCl_2} \cdot C_{FeCl_3}^2}{(1 + k^{**} \cdot C_{FeCl_2}) \cdot (1 + \chi \cdot C_{FeCl_3})}, \quad (2)$$

где  $k$  – константа скорости реакции,

$k^{**}$  – константа нестойкости каталитического комплекса  $H[FeCl_4]$ ,

$\chi$  – константа ассоциации комплекса  $H[FeCl_4]$ .

При анализе этого уравнения знаменатель первой дроби можно приравнять к 1, так как при селективном растворении ценных металлов из бедных руд концентрации  $CHCl$  и  $CFeCl_3$  обычно не превышают 0,1 моль/л. Эта величина в ходе реакции постоянна. Знаменатель второй дроби также является мало изменяющейся величиной. По этой причине уравнение (2) можно привести к более простому виду

$$v = k' \cdot C_{HCl} \cdot C_{FeCl_2} \cdot C_{FeCl_3}^2. \quad (3)$$

Если пренебречь явлением ассоциации хлорного железа с соляной кислотой, то уравнение (3) упростится до

$$v = k^* \cdot C_{HCl} \cdot C_{FeCl_2} \cdot C_{FeCl_3}. \quad (4)$$

При наличии в исходной реакционной смеси только хлорного железа и соляной кис-

лоты концентрация  $C_{FeCl_2}$  связана с исходной концентрацией хлорного железа простым соотношением:  $C_{FeCl_2} = C_{FeCl_3}^0 - C_{FeCl_3}^*$ , или  $C_{FeCl_2} = Const - C_{FeCl_3}^*$ . Для малых концентраций хлорного железа ( $C_{FeCl_3}^* \gg 1$ ) величину  $Const - C_{FeCl_3}^*$  можно принять как постоянную. С учётом последнего замечания формулы (3) и (4) примут вид

$$v = k'' \cdot C_{HCl} \cdot C_{FeCl_3}^2 \quad \text{и} \quad (5)$$

$$v = k^{***} \cdot C_{HCl} \cdot C_{FeCl_3}. \quad (6)$$

При протекании процесса в кинетической области реакцию растворения металлов в соляной кислоте можно рассматривать как реакцию второго порядка по хлорному железу и первого порядка по соляной кислоте (5) (при учёте катализа в присутствии промотора и простой формы комплексообразования между реагентами) или как реакцию первого порядка по хлорному железу и первого порядка по соляной кислоте (6) (при учёте одного катализа).

После определения выражений для скорости растворения серебра для разных механизмов строят диаграмму с координатами «скорость реакции – изомольная концентрация реагентов». На рис. 1 представлены гипотетические кривые зависимости скорости растворения серебра (уравнения (5), (6) и (6а), когда  $k = k'' = k^{***} = 1$ ) от состава исходных реагентов.

Выводом из характера кривых, приведённых на рис. 1, является то, что в системе  $H_2O-HCl-FeCl_3-Me$  при коллективном учёте влияния компонентов наблюдаются максимумы скорости растворения серебра, смещённые по координате концентраций в сторону хлорного железа.

Механизм реакции, сопровождающейся катализом и ассоциациями между исходными реагентами, отличается от реакции, сопровождающейся только катализом, характеризуется большим смещением максимума скорости растворения металла в сторону одного из реагентов. Чем в больших физико-химических актах участвуют исходные реагенты, тем меньше величина скорости реакции.

Растворение золота в водном растворе цианида натрия представляется как реакция с окислителем (кислородом), которая сопровождается ассоциацией (образованием



комплексов  $Au(CN)_2$ ). Этому случаю на диаграмме соответствует кривая 2 (рис. 1). Аналогичное заключение можно сделать о скорости растворения меди и висмута.

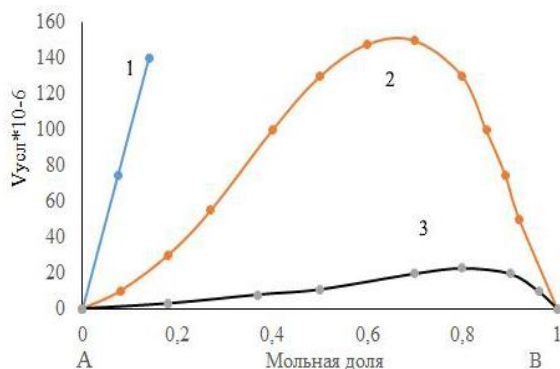


Рис. 1. Гипотетическая зависимость скорости растворения серебра в солянокислом растворе хлорного железа при общей концентрации реагентов в растворе 1 моль/л:

1)  $v = k \times C_{FeCl_3}$  (формальная кинетика);

2)  $v = k \times C_{HCl} \times C_{FeCl_3}$  (ассоциация);

3)  $v = k \times C_{HCl} \times C_{FeCl_3}^2$  (ассоц., катализ).

$C_A = C_{HCl}$ ;  $C_B = C_{FeCl_3}$ ;  $(C_{HCl} + C_{FeCl_3}) = 0,1$

Fig. 1. Hypothetical dependence of silver dissolution rate in chloric iron solution at total concentration of reagents in 1 mol/l solution:

1)  $v = kC_{FeCl_3}$  (formal kinetics);

2)  $v = kC_{HCl}C_{FeCl_3}$  (assemblage);

3)  $v = kC_{HCl}C_{FeCl_3}^2$  (assemblage, catalysis).

$C_A = C_{HCl}$ ;  $C_B = C_{FeCl_3}$ ;  $(C_{HCl} + C_{FeCl_3}) = 0,1$

Теоретически показано, что в системе  $Me$ -реагенты- $H_2O$  коллективные взаимодействия компонентов приводят к экстремальному изменению её свойства – скорости растворения металла. В связи с этим сформулирован принцип скоростного растворения (выщелачивания) металла: *скорость растворения металла в изомольной смеси реагентов проходит через максимум*. Принцип максимальной скорости растворения металла – это свойство гетерогенной химической системы.

Далее приводятся экспериментальные данные, подтверждающие изложенные теоретические представления. Опыты поставлены по методике вращающегося диска при скорости вращения порядка 200 об/мин, исключая диффузионное торможение.

Площадь торца штабика из прутка металла поверхностью  $1 \text{ cm}^2$  ( $d = 1,14 \text{ cm}$ ). В случае опытов с золотом поверхность вращающейся золотой пластинки составила  $1 \text{ cm}^2$ .

На рис. 2 представлены системы  $Si-FeCl_3-HCl-H_2O$  и  $BiCl_3-FeCl_3-HCl-H_2O$ . Общая концентрация соляной кислоты и хлорного железа в системе составляла  $0,3 \text{ моль/л}$ , температура –  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , скорость вращения штабика меди –  $200 \text{ об/мин}$ .

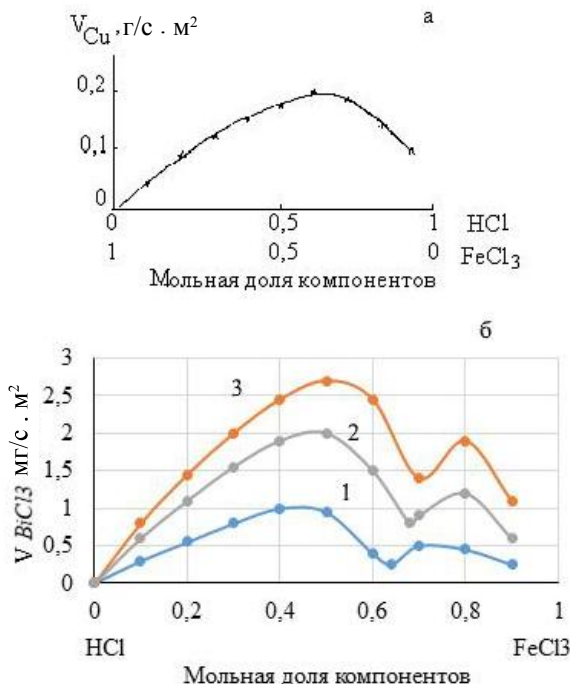


Рис. 2. Изменение скорости растворения металлов в системах  $Cu-FeCl_3-HCl-H_2O$  (а) и  $BiCl_3-FeCl_3-HCl-H_2O$  (б) (суммарная концентрация реагентов:

а)  $0,1 \text{ моль/л}$ ; б) 1 –  $0,15$ ; 2 –  $0,3$ ; 3 –  $0,6 \text{ моль/л}$  /

Fig. 2. Change of metal dissolution rate in the systems  $Cu-FeCl_3-HCl-H_2O$  (a) and  $BiCl_3-FeCl_3-HCl-H_2O$  (b) (total concentration of reagents: а)  $0,1 \text{ mol/l}$ ;

б) 1 –  $0,15$ ; 2 –  $0,3$ ; 3 –  $0,6 \text{ mol/l}$

Система  $H_2O-NaCN-O_2-Au$ . Опыты поставлены в цианидном растворе с изомольной концентрацией цианида и кислорода, равной  $2,25$ ;  $4,0$  и  $6,0 \text{ ммоль/л}$ . Данные по изменению скорости растворения золота представлены на рис. 3.

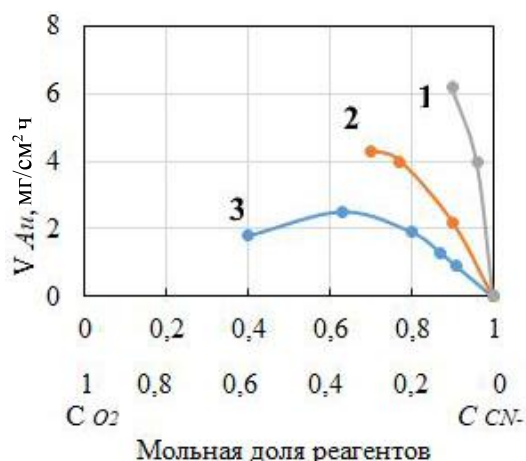


Рис. 3. Экспериментальные данные по растворению золота в системе Au–CN–O<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O:

1) CO<sub>2</sub>+CCN<sup>-</sup> = 6·10<sup>-3</sup> моль/л;

2) CO<sub>2</sub>+CCN<sup>-</sup> = 4,0·10<sup>-3</sup> моль/л;

3) CO<sub>2</sub>+CCN<sup>-</sup> = 2,25·10<sup>-3</sup> моль/л

Fig. 3. Experimental data on dissolution of gold in Au–CN–O<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O system.

1) CO<sub>2</sub>+CCN<sup>-</sup> = 6·10<sup>-3</sup> mol/l;

2) CO<sub>2</sub>+CCN<sup>-</sup> = 4,0·10<sup>-3</sup> mol/l;

3) CO<sub>2</sub>+CCN<sup>-</sup> = 2,25·10<sup>-3</sup> mol/l

Теоретически предсказан и доказан принцип максимальной скорости растворения металла: скорость растворения металла (золота в том числе) в изомольной смеси реагентов проходит через максимум.

При атмосферном условии в системе H<sub>2</sub>O–NaCN–O<sub>2</sub>–Au увеличение концентрации кислорода ограничено его растворимостью в воде. При нормальных условиях на воздухе равновесная концентрация составляет порядка 8 мг/л. Если кислород вводить в замкнутую систему без контакта с атмосферой, например, в трубу или заполненный водным раствором реактор, то за короткое время – сотые доли секунды – возможно повысить концентрацию кислорода почти в 5 раз. Полярные молекулы воды практически мгновенно усваивают кислород до концентрации порядка 39...40 мг/л, то есть близкой к равновесной при контакте воды и кислорода. Через 1 сут при выстаивании на воздухе концентрация кислорода в воде снижается на 30...50 %.

Увеличение скорости выщелачивания рудного золота в реакторах или при перколяции в чанах в присутствии кислорода подробно изучено И. Н. Плаксиным и его сотрудниками в середине XX в. Для выщелачивания упорного золота институтом Иргиредмет

разработан процесс автоклавного вскрытия сульфидного сырья при 10 кгс/см<sup>2</sup> в присутствии кислорода перед цианидным выщелачиванием. Ни исследователи Иргиредмет, ни другие учёные, в том числе И. Н. Плаксин, не рассматривали кинетику растворения металла в сложных системах на предмет возможного максимума скорости процесса [4; 6; 7].

В Забайкальском государственном университете (ЗабГУ) при изучении возможности эффективного извлечения золота, серебра, меди, висмута и других металлов всегда учитывалась вероятность повышения скорости растворения (выщелачивания) на основе принципа максимума скорости растворения металла в изомольной смеси реагентов. Так, для упорных руд с невысоким содержанием золота в ЗабГУ разработаны условия для скоростного цианидного выщелачивания из упорных золотосодержащих концентратов в присутствии кислорода (рис. 4). При этом степень извлечения золота была повышена с 49...53 до 94...96 %, а продолжительность выщелачивания сократилась с 36 до 22 и 6 ч соответственно.

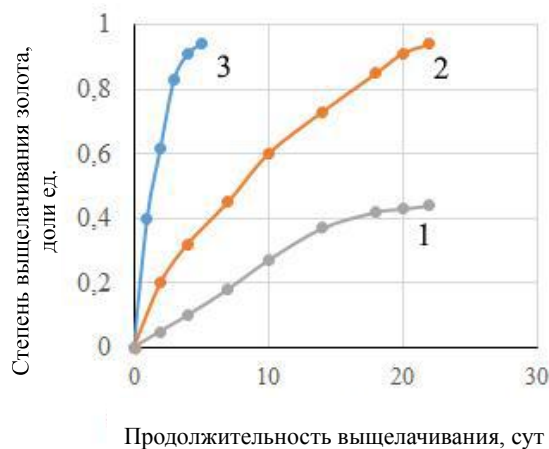


Рис. 4. Увеличение степени выщелачивания золота из золотосодержащего гравитационного концентрата при увеличении мольной доли кислорода: 1) при нормальных условиях на воздухе; 2) в атмосфере кислорода и давлении 1 кгс/см<sup>2</sup>; 3) в атмосфере кислорода и давлении 10 кгс/см<sup>2</sup> / Fig. 4. Increase in the degree of gold leaching from gold-containing gravitational concentrate with an increase in the molar fraction of oxygen: 1) under normal conditions in the air; 2) in the atmosphere of oxygen and pressure of 1 ATM; 3) in the atmosphere of oxygen and tacking 10 ATM

При классическом методе кучного выщелачивания золота концентрация кислорода далека от изомольной в системе  $Au-CN-O_2-H_2O$ . Так, при концентрации цианида в растворе 0,5 г/л (0,01786 моль/л) концентрация кислорода составляет 0,008 г/л (0,00025), или более чем в 70 раз меньше, чем это требуется в соответствии со стехиометрией. Наислороживание растворов до 38...40 мг/л при кучном выщелачивании снижает стехиометрическое несоответствие до 16. Следовательно, можно ожидать возрастание скорости перехода золота в раствор при кучном выщелачивании в 4 раза. При классическом кучном выщелачивании золота приемлемой считается продолжительность 60...90 сут. Использование принципа максимальной скорости растворения металла в изомольной системе теоретически позволяет снизить продолжительность кучного выщелачивания золота до 15...22 сут. При этом степень выщелачивания повысилась на 10...15 %, что значительно превышает затраты на транспортировку жидкого кислорода в специальных стальных танках и на устройство для дозирования газообразного кислорода в цианидный раствор.

При исследовании кучного выщелачивания золота из окисленных кварцевых руд месторождения «Погромное» факт сокращения продолжительности выщелачивания в 3...4 раза и увеличения степени извлечения золота на 10...15 % в присутствии кислорода неоднократно подтвержден как в лабораторных, так и в полупромышленных испытаниях на установках производительностью 6...12 т (рис. 5).

Тем не менее, результаты теоретических, экспериментальных, полупромышленных исследований по внедрению в практику наислороживания цианидных растворов при выщелачивании золота, основа которых разработана более 75 лет назад И. Н. Плаксиным, для кучного выщелачивания до сих пор серьезно не рассматриваются ни при подготовке специалистов в горнометаллургических университетах страны (кроме ЗабГУ), ни при разработке эффективных способов выщелачивания золота из руд и промпродуктов в НИИ, ни при разработке проектов [1; 2; 5; 8–13]. В настоящее время золотодобыча в РФ связана с недополучением десятков тонн драгоценного металла. В связи с крайне

ограниченными сведениями в публикациях по эффективному цианидному выщелачиванию золота из упорных руд нами предпринимается попытка освежить в памяти специалистов российский научный опыт и побудить предпринимателей как к внедрению наислороживания цианидных растворов при выщелачивании золота, так и к финансированию научных коллективов, которые вносят существенный вклад в теоретическое и экспериментальное обоснование эффективных способов выщелачивания из упорных руд и промпродуктов.



Рис. 5. Результаты полупромышленных испытаний по скоростному выщелачиванию золота из окисленной руды месторождения «Погромное» на пробе руды 6 т, дроблёной до крупности 10 мм в наислороженном цианидном растворе / Fig. 5. Results of semi-industrial tests on high-speed leaching of gold from the oxidized ore of the «Pogromnoe» deposit on a sample of ore 6 t, crushed to a size of 10 mm in acidified cyanide solution

**Выводы.** Анализ уравнений кинетики в системе жидкость–твёрдое, включающих формальное взаимодействие, ассоциацию и катализ, указал на наличие максимума скорости растворения металла в замкнутой изомольной системе  $H_2O$ –реагенты–Me. Компенсировать снижение добычи золота в связи с повышенной упорностью добываемого золоторудного сырья возможно в случае внедрения разработанных в ЗабГУ методов скоростного кучного выщелачивания: использования принципа максимума скорости растворения металла, наислороживания и активации растворов.

## Список литературы

1. Дементьев В. Е., Дружина Г. Я., Гудков С. С. Кучное выщелачивание золота и серебра. Иркутск: Иргиредмет, 2004. 352 с.
2. Макаров А. А., Салов В. М. Алгоритм управления аммиачно-цианистым процессом переработки медистых золотосодержащих руд // Вестник Иркутского национального исследовательского технического университета. 2013. № 8. С. 149–153.
3. Мейтис Л. Введение в курс химического равновесия и кинетики. М.: Мир, 1984. 480 с.
4. Меретуков М. А. Золото: химия, минерология, металлургия. М.: Руда и металлы, 2008. 527 с.
5. Минеев Г. Г., Леонов С. Б. Кучное выщелачивание золотосодержащих руд. Иркутск: ИрГТУ, 1997. 99 с.
6. Плаксин И. Н. Гидрометаллургия. М.: Наука, 1972. 278 с.
7. Реутов Д. С., Халезов Б. Д., Овчинникова Л. А., Гаврилов А. С. Изучение кинетики растворения феррита цинка методом вращающегося диска // Цветные металлы. 2017. № 11. С. 12–15.
8. Строганов Г. А., Дементьев В. Е., Шутов А. М., Тататринов А. П. Технология кучного выщелачивания благородных металлов // Горный журнал. 1994. № 2. С. 11–12.
9. Чурсанов Ю. В., Луцик В. И., Старовойтов А. В., Поташников Ю. М. Кинетика окислительного растворения золота в смеси тиоцианата и тиомочевины // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Химия». 2015. № 2. С. 52–60.
10. Kelli K. K. Contribution to the data on theoretical metallurgy: part 13. High-temperature heat-content, heat-capacity and entropy data for elements and inorganic compounds // U. S. Department of the Interior; Bureau of Mines. Washington: GPO, 1960. 280 p.
11. Kubaschewski O., Evans E. L. Metallurgical thermochemistry: 3rd ed. Oxford: Pergamon, 1958. P. 32–35.
12. Samikhov Sh. R., Zinchenko Z. A., Shermatov N. The study and development of the mathematical models of poor gold-containing ores the process heap (the dump) leaching // The XVI Balkan Congress on mineral processing. Belgrade, 2015. Vol. 2 P. 709 – 712.
13. Yusupxodjayev A. A., Xudoyarov S. R. Metallurgiyada ishlab chiqarish texnologiyasi. Toshkent: ToshDTU, 2016. 57 p.

## References

1. Dementiev V. Ye., Druzhina G. Ya., Gudkov S. S. *Kuchnoe vyshchelachivanie zolota i serebra* (Heap leaching of gold and silver). Irkutsk: Irgiredmet, 2004. 352 p.
2. Makarov A. A., Salov V. M. *Vestnik Irkutskogo natsionalnogo issledovatel'skogo tekhnicheskogo universiteta* (Bulletin of the Irkutsk National Research Technical University), 2013, no. 8, pp. 149–153.
3. Matis L. *Vvedenie v kurs himicheskogo ravnovesiya i kinetiki* (Introduction to the course of chemical equilibrium and kinetics). Moscow: Mir, 1984. 480 p.
4. Meretukov M. A. *Zoloto: himiya, minerologiya, metallurgiya* (Gold: chemistry, mineralogy, metallurgy). Moscow: Ore and Metals, 2008. 572 p.
5. Mineev G. G., Leonov S. B. *Kuchnoe vyshchelachivanie zolotosoderzhashchih rud* (Heap leaching of gold-bearing ores). Irkutsk: Irkutsk State University, 1997. 99 p.
6. Plaksin I. N. *Gidrometallurgiya* (Hydrometallurgy). Moscow: Nauka, 1972. 278 p.
7. Reutov D. S., Khalezov B. D., Ovchinnikova L. A., Gavrilov A. S. *Tsvetnye metally* (Non-ferrous metals), 2017, no. 11, pp. 12-15.
8. Stroganov G. A., Dementiev B. E., Shutov A. M., Tatarinov A. P. *Gornyy zhurnal* (Mining Journal), 1994, no. 2, pp. 11–12.
9. Chursanov Yu. V., Lutsik V. I., Starovoitov A. V., Potashnikov Yu. M. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Himiya"* (Bulletin of Tver State University. Series "Chemistry"), 2015, no. 2, pp. 52–60.
10. Kelli K. K. *U. S. Department of the Interior; Bureau of Mines* (U. S. Department of the Interior; Bureau of Mines). Washington: GPO, 1960, 280 p.
11. Kubaschewski O., Evans E. L. *Metallurgical thermochemistry: 3rd ed.* (Metallurgical thermochemistry: 3rd ed). Oxford: Pergamon, 1958, pp. 32–35.
12. Samikhov Sh. R., Zinchenko Z. A., Shermatov N. *The XVI Balkan Congress on mineral processing* (The XVI Balkan Congress on mineral processing). Belgrade. 2015, vol. 2, pp. 709–712.
13. Yusupxodjayev A. A., Xudoyarov S. R. *Metallurgiyada ishlab chiqarish texnologiyasi* (Metallurgiyada ishlab chiqarish texnologiyasi). Toshkent: ToshDTU, 2016. 57 p.

**Коротко об авторе****Briefly about the author**

**Рубцов Юрий Иванович**, д-р техн. наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: физико-химическая геотехнология  
jri.rubtsow@yandex.ru

**Yuriy Rubtsov**, doctor of engineering sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: physical and chemical geotechnologies

**Образец цитирования**

---

*Рубцов Ю. И. Обоснование скоростного режима растворения металла в условиях системного подхода // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 62–69. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-62-69.*

*Rubtsov Yu. Substantiation of the speed mode of metal dissolution in the conditions of the system approach // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no.7, pp. 62–69. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-62-69.*

Статья поступила в редакцию: 09.09.2019 г.

Статья принята к публикации: 18.09.2019 г.

УДК 622.7  
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-70-83

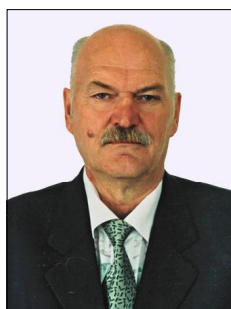
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ПРИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ ЗОЛОТА ИЗ ТЕХНОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННОГО  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**USE OF PHOTOCHEMICAL AND ELECTROCHEMICAL PROCESSES WHEN LEACHING GOLD  
FROM THE SECONDARY MINERAL RAW MATERIAL**



**А. Г. Секисов,**  
Институт горного дела ДВО РАН,  
г. Хабаровск  
sekisovag@mail.ru

**A. Sekisov,**  
Institute of Mining, Far Eastern Branch  
of the Russian Academy of Sciences,  
Khabarovsk



**Ю. И. Рубцов,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
jzi.rubtsow@yandex.ru

**Yu. Rubtsov,**  
Transbaikal State University, Chita



**А. Ю. Лавров,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
lavrov\_2002@mail.ru

**A. Lavrov,**  
Transbaikal State University, Chita



**А. И. Трубачев,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита

**A. Trubachev,**  
Transbaikal State University, Chita



**А. В. Рассказова,**  
Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск  
annbot87@mail.ru

**A. Rasskazova,**  
Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian  
Academy of Sciences, Khabarovsk



**Х**восты флотации и кеки цианирования Дарасунской обогатительной фабрики, хвосты свинцовой флотации Новоширокинской обогатительной фабрики содержат значительные количества золота, являясь промышленно ценным минеральным сырьём, при условии использования для его переработки технологий, обеспечивающих экономически приемлемый уровень извлечения. В работе протестирована геотехнология перколяционного активационного выщелачивания золота. Прямое цианидное выщелачивание обеспечивает лишь 14...29 % извлечения золота из такого техногенного сырья.

Активационное выщелачивание карбонатно-цианидным раствором существенно увеличивает извлечение золота (порядка 25...55 %) относительно контрольной схемы стандартного цианирования. При этом раствор, подготовленный путём стадийной электрофотохимической обработки водного раствора соответствующих реагентов в реакторах определённой конструкции, используется как при окомковании хвостов флотации, так и при последующем капельном орошении минеральной массы. Как показывает кинетическая кривая выщелачивания золота, его основное количество извлекается на стадии диффузионного окисления – селективного растворения в процессе выдерживания окомкованной массы в перколяторе. Экономические расчёты, проведённые на основе полученных в ходе экспериментов результатов и расходных параметров, показывают, что даже без учёта сопутствующего извлечения меди переработка хвостов флотации и кеков цианирования является рентабельной

**Ключевые слова:** фотохимические процессы; электрохимические процессы; выщелачивание; дисперсное золото; техногенно-трансформированное минеральное сырьё; хвосты флотации; кеки цианирования; активированные растворы; стандартное цианирование

**F**lotation tailings and cyanidation residual of Darasun mineral processing plant, lead flotation tailings of Novoshirokinsk processing plant contain the significant amount of gold to be recovered. The tailings are valuable mineral raw material in case of application of the technologies providing economically acceptable level of extraction. The geotechnology of a column activated gold leaching was tested in this research. A direct cyanide leaching provides only 14-29 % of gold extraction from this secondary mineral raw materials.

Gold extraction is significantly increased (25-55 % higher in comparison with standard cyanidation) by activated leaching by sodium bicarbonate-cyanide solution. This solution is prepared by electro-photo-chemical processing of aqueous solution of the corresponding reagents in reactors. Activated solution is used both for agglomeration of flotation tailings and for spraying of column. Kinetic curve of gold leaching demonstrates that the main portion of gold is recovered at the diffusion oxidation stage and selective dissolution during the curing. The economic calculations which are carried out on the basis of the results received during the experiments and account parameters show that gold recovery from flotation tails and cyanidation residual is profitable actually without the accompanying copper extraction

**Key words:** photochemical processes; electrochemical processes; leaching; dispersed gold; secondary mineral raw material; flotation tailings; cyanidation residual; activated solutions; standard cyanidation

**В**ведение. Объёмы техногенно-трансформированного в ходе добычи и переработки минерального сырья, содержащего сложноизвлекаемые формы золота, в настоящее время сопоставимы с объёмами запасов его руд и песков россыпей разрабатываемых и планируемых к разработке месторождений. При этом, несмотря на более высокие содержания в месторождениях этого благородного металла, сложные горно-геологические условия ведения горных работ и высокая технологическая упорность природного минерального сырья обуславливают сопоставимость удельных приведённых затрат в расчёте на единицу конечной продукции – рафинированного золота – при добыче и переработке и при извлечении из техногенных образований [1–3; 8–16].

Целесообразность вторичного промышленного использования минерального сырья, в первую очередь, определяется возможностью доизвлечения содержащихся в нём таких сложно извлекаемых форм золота, как пластинчатое, чешуйчатое, изометричные частицы размерностью менее 10 мкм и, главное, инкапсулированное и химически связанное дисперсное. Учитывая, что техногенно-трансформированное минеральное сырьё уже дезинтегрировано, его упорность для переработки снижена вследствие ряда природных гипрегенных процессов, в ряде случаев вторичная переработка может осуществляться с использованием традиционных технологий, включая выщелачивание [1–3; 8–16]. В большинстве же случаев для извлечения инкапсулированного и химиче-

ски связанного дисперсного золота из техногенного сырья, даже тонкоизмельчённого, требуется использование технологий, которые включают процессы, обеспечивающие глубокую вещественно-структурную трансформацию кристаллических решёток концентрирующих его минералов.

Авторами на ряде техногенных объектов Забайкальского края исследована возможность извлечения таких форм золота с использованием технологических растворов, содержащих высокоактивные гидратированные формы активного кислорода и кластеризованные комплексообразователи, сформированные в процессе фотоэлектрохимической или стадийной электрохимической обработки [6]. При этом базовыми объектами для исследований выбраны различные по гранулометрическому составу и формам нахождения золота образования, включая хвосты флотации Дарасунской и Новоширокинской обогатительных фабрик и кеков сорбционного выщелачивания, минеральной массы отработанных штабелей КВ рудников Апрельково и Амазаркан, эфельные отвалы, хвосты промывки песков и доводки шлихов.

*Материалы и методы исследования.* В качестве материалов, используемых для экспериментов по выщелачиванию инкапсулированного и химически связанного – дисперсного золота, выбраны содержащие его в этих формах в значительных количествах хвосты флотации руд кварцевой-сульфидной формации и кеки цианирования флотоконцентратов Дарасунской обогатительной фабрики, а также хвосты свинцовой флотации золото-полиметаллических руд Новоширокинской обогатительной фабрики.

Текущие и лежалые хвосты флотационного обогащения Дарасунской ОФ представляют собой в основном измельчённые до фракции 74 мкм (60...65 %) зёрна сульфидных и сульфосолевых (сульфосольных) минералов, а также менее 10 % – зёрна жильных минералов кварца-халцедона, плагиоклазов, амфиболов. Содержание золота варьирует в широких пределах: 0,3...3 г/т, при среднем значении 0,87 г/т.

Пробы хвостов флотационного обогащения Дарасунской ОФ обрабатывали в следующей последовательности:

1) подготовка трёх навесок технологической пробы хвостов флотации по 3 кг каждая;

2) 3 г CaO (негашёной извести);

3) добавление 15 г портландцемента;

В I навеску добавляли 250 мл концентрированного раствора цианида натрия (3,6 г NaCN), подготовленного на базе нахлороженной (х. ч. кислородом из баллона) воды (рН – 7,0), далее осуществляли окомкование и загрузку в I колонну;

4) во II и III навески пробы добавляли по 250 мл подготовленных в фотоэлектрохимическом реакторе растворов, соответственно, цианида натрия с добавлением тиосульфата натрия (3,6 г NaCN + 3 г Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и цианида натрия (3,6 г NaCN).

Далее агломерированный материал помещали в пластиковые колонны и выстаивали двое суток для реализации процесса выщелачивания в диффузионном режиме. После чего в колонны подавали по 250 мл нахлороженной воды, и осуществляли выпуск первичных продуктивных растворов.

При этом из каждой колонны отобрано по 100 мл раствора, с возвращением избытка в голову процесса.

По данным АА-анализа, проведённого в аттестованной лаборатории ЗабНИИ, содержание золота в сливе из 1-й колонны составило 0,03 мг/л, из 2-й – 0,07 мг/л, а из 3-й – 22,69 мг/л. Затем добавляли нахлороженную воду в соответствующие колонны и фотоэлектроактивированные растворы с чередованием подачи нахлороженной воды, каждые последующие сутки, то есть осуществляли выщелачивание золота в диффузионно-инфильтрационном режиме. Этапы проведения эксперимента и их характеристики приведены в табл. 1.

Первичный материал лежалых кеков цианирования Дарасунской ОФ представлен выщелоченными цианидными растворами коллективным флотоконцентратом с высоким содержанием сульфидов (основных – пирита, халькопирита и акцессорных – галенита, сфалерита, пирротина), сульфоарсенида-арсенипирита, при незначительном количестве сульфосолей (бурнонита, тетраэдрита). Содержание золота варьирует в широких пределах при среднем значении 6,8 г/т. Наиболее вероятно, что золото в кеках представлено преимущественно химически связанной дисперсной формой нахождения и локализовано в частично окислённых зёрнах халькопирита, арсенипирита, пирита, а также переизмельчёнными «свободными» микронно-субми-



кронными частицами, высвобожденными в ходе сверхтонкого измельчения на обогатительной фабрике с техногенными «наклёпками» оксидов и сульфидов железа. Материал пробы существенно трансформирован в результате гипергенных процессов, протекавших в течение нескольких десятилетий при его хранении, что в первую очередь выразилось в частичном переходе сульфидов в сульфаты. Общее содержание серы – 18 %, сульфатной – 4 %. Предварительно отобранные 4 навески кеков массой по 30 г обработаны дистиллятом до Ж:Т = 1:1. После периодического встряхивания и отстаивания в жидкой фазе показания pH составили 3...3,5. Таким образом, подтверждается наличие в минеральной массе значительного количества сульфатов, в том числе присутствующих в растворённом

состоянии в поровых водах. Соответственно, при цианировании потребовалось не только нейтрализовать кислотную среду щёлочью или оксидом кальция, но и решить проблему выхода в жидкую фазу пульпы значительного количества цианосидов (цианопоглощителей) – железа, меди, мышьяка и т. д. Высокое содержание элементной серы обуславливает повышенный выход роданидов (CNS<sup>-</sup>). В то же время, это позволяет сделать вывод о частичном вскрытии сульфидно-арсенидных матриц с дисперсным, химически связанным золотом и очистке от сульфидных, железистых (гематит-гетитовых) и карбонатных «наклёпок» поверхности переизмельчённых в своё время микрочастиц «свободного» золота [1–3; 8–11].

Таблица 1 / Table 1

Этапы проведения эксперимента и их характеристики / Stages of the experiment and their characteristics

Этапы проведения экспериментов / Experimental stage	I колонна (пробы за № 1) / I column (samples # 1)	II колонна (пробы за № 2) / II column (samples # 2)	III колонна (пробы за № 3) / III column (samples # 3)	Примечание / Notes
1 (1-е сутки) / 1 (1 day)	Загрузка окомкованных навесок в колонны / Loading of agglomerated secondary raw material to leaching columns	–	–	Выстаивание в течение 2 сут / Curing for 2 days
2 (3-и сутки) / 2 (3 day)	Добавление 250 мл накислороженной воды в каждую колонну. Отбор первичного слива / Addition of 250 ml air saturated water to each column. Productive solution analysis	–	–	В колонне I вода фильтруется очень медленно. Во II и III колоннах большая часть воды впиталась материалом загрузки / Low filtration in the I column. Water is adsorbed in the II and III columns by mineral agglomerates
3 (4-е сутки) / 3 (4 day)	Добавление 250 мл накислороженной воды в каждую колонну / Addition of 250 ml air saturated water to each column	–	–	–
4 (5-е сутки) / 4 (5 day)	Добавление 250 мл накислороженной воды в каждую колонну / Addition of 250 ml air saturated water to each column	Ввод 250 мл свежеприготовленного фотоэлектроактивир. раствора / Addition of 250 ml of photo-electro activated solution	Добавление 250 мл фотоэлектроактивир. раствора (pH – 7,0) / Addition of 250 ml of photo-electro activated solution (pH-7.0)	–

Окончание табл. 1

5 (6-е сутки) / 5 (6 day)	Добавление 250 мл накислороженной воды/ Addition of 250 ml air saturated water to each column	Ввод 250 мл свежеприго- товленного фотоэлектроак- тивир. раствора/ Addition of 250 ml of photo- electro activated solution	Ввод 250 мл свежеприго- товленного фотоэлектроак- тивир. раствора/ Addition of 250 ml of photo- electro activated solution	Появление в отстойнике I колонны примерно 100 мл продуктивного р-ра (pH – 10). Цвет – жёлтый. В отстойнике II колонны р-ра нет. В отстойни- ке III колонны 50 мл р-ра (pH – 10). Цвет – прозрач- ный/100 ml productive solution in I column (pH-10, yellow color). II column – no solution. 50 ml productive solution column (pH-10, clear color)
6 (7-е сутки) / 6 (7 day)	Добавление 250 мл накислороженной воды/ Addition of 250 ml air saturated water to each column	Добавление 250 мл нарис- лороженной воды/ Addition of 250 ml air saturated water to each column	Добавление 250 мл нарис- лороженной воды/ Addition of 250 ml air saturated water to each column	В отстойнике I колонны примерно 370 мл продук- тивного р-ра (pH – 10). Цвет – жёлтый. В отстойнике II колонны примерно 220 мл продуктивного р-ра (pH – 10). Цвет – прозрачный. В отстойнике III колонны 280 мл продуктивного р-ра (pH – 10). Цвет – прозрачный / 370 ml productive solution in I column (pH-10, yellow color). 220 ml productive solution in II column (clear color). 280 ml productive solution column (pH-10, clear color)
7 (8-е сутки) / 7 (8 day)	Прекращение подачи накислороженной воды/ Stop of addition of air saturated water to each column	–	–	В отстойнике I колонны при- мерно 230 мл продуктивного р-ра (pH – 10). Цвет – жёл- тый. В отстойнике II колонны примерно 220 мл ппродук- тивного р-ра (pH – 10). Цвет – прозрачный. В отстойнике III колонны 240 мл продуктивного р-ра (pH – 10). Цвет – про- зрачный/ 230 ml productive solution in I column (pH-10, yellow color). 220 ml productive solution in II column. 240 ml productive solution column (pH-10, clear color)

Навески лежалых кеков цианирования после трёхкратной отмывки с длительным (около 5 ч) отстаиванием и сливом жидкой фазы в промежутках между встряхиванием, обеспечили стабильную околонейтральную pH. Всего на отмывку каждой 30-граммовой навески израсходовано по 100 мл дистиллята. После чего, дозированным вводом гидроксида натрия в каждой из навесок было достигнуто pH = 11. Далее введён цианид натрия и его содержание в жидкой фазе доведено до заведомо завышенного значения – 5 г/л. Окончательное Ж:Т = 1,2:1. По-

сле суток выстаивания отобраны фильтраты. Среднее содержание золота в фильтратах – 7,8 мг/л, серебра – 9,0 мг/л, что: а) подтвердило высокий исходный уровень содержания золота в кеках; б) доказало возможность его потенциально высокого извлечения с использованием даже стандартной технологии цианидного выщелачивания, но при завышенном содержании в рабочем растворе цианида натрия (экономически приемлемый расход цианида не должен превышать 3,6 кг/т кеков).

Экспериментальные исследования активационного выщелачивания золота из ке-

ков проводились по следующим технологическим схемам:

а) схема с предварительной отмывкой водой ( $J:T = 2:1$  в течение 15 мин барботажем до нейтральной pH слива) и кондиционированием pH жидкой фазы пульпы щёлочью до 10,5 с последующим выщелачиванием золота водным раствором цианида натрия;

б) схема с предварительным доокислением и выщелачиванием меди, железа, мышьяка фотоэлектроактивированным раствором в кислой среде с последующей декантацией, сливом раствора, отмывкой кека водой, кондиционированием pH щёлочью и выщелачиванием золота электроактивированным раствором цианида натрия;

в) схема с предварительным доокислением фотоэлектроактивированными растворами в слабокислой среде формированием пульпы путём смешивания минеральной массы со слабощелочным фотоэлектроактивированным раствором, отмывкой водой, вторичное формирование пульпы с последующим переводом её в щелочную фазу и выщелачиванием золота электроактивированным раствором цианида натрия;

г) схема с предварительной отмывкой кека водой и защелачиванием до  $pH = 12$  (через 1,5...2 ч pH снижался до 10,5 и стабилизировался) и выщелачиванием золота электроактивированным раствором цианида натрия (с предварительным кондиционированием pH жидкой фазы пульпы щёлочью, до достижения стабильного значения, равного 10,5). Концентрация цианидов в жидкой фазе – 3 г/л,  $J:T = 1,5:1$ .

Выщелачивание осуществлялось агитацией с насыщением пульпы кислородом путём её барботажа сжатым воздухом в течение 5 ч.

Технологическая проба хвостов свинцовой флотации, в соответствии с паспортом № 12, отобранная сотрудниками научно-технического центра АО «Ново-Широкинский» рудник, имела состав: свинец – 0,47 %; цинк – 0,99; медь – 0,29; железо – 37,69 % и золото – 12,7 г/т. В целом в хвостах Ново-Широкинского рудника содержание золота может изменяться в пределах 7...12 г/т. Основными рудными минералами хвостов являются пирит (73 %), пирротин (3,7 %), сфалерит (2,4 %), галенит (0,9 %), оксиды и гидроксиды железа (0,5 %) и кварц (15 %). Золото представлено частицами крупностью 0,1...25 мкм и концентрируется преимуще-

ственно в тонких классах. Частиц золота в составе сростков крупнее 25 мкм в продукте не обнаружено. Свободного золота практически нет (0,13 %) [4; 7].

Хвосты свинцовой флотации являются упорным сырьём для гравитационного обогащения (извлечение золота составило 24,22 % при выходе концентрата 15,4 %) [4; 7]. При флотационном обогащении извлечение золота составило 81,55 %, но при высоком выходе концентрата (72,8 %), что не позволяет получить приемлемый по содержанию продукт для плавки [1–3].

Окомкование хвостов свинцовой флотации проводили с навесками 1 кг с добавкой извести, цемента, воды, взятых в количестве 1, 5, 8 и 15 % соответственно. Смесь тщательно перемешивали на сите с ячейей 2 мм и окомковывали с наислороженным раствором цианида натрия концентрацией 15,5 г/л до размера гранул  $d \leq 10$  мм. Полученные гранулы помещали в перколятор диаметром 0,04 м. При этом выдерживалось отношение  $D/d \leq 10$ , необходимое для выравнивания гидродинамических условий стекающего потока выщелачивающего раствора. Высота насыпного слоя составила порядка 1 м. Гранулы находились на воздухе в перколяторе в течение 5 сут.

Для перколяционного выщелачивания из подготовленных гранул использовали активированный наислороженный раствор бикарбоната натрия, который готовился следующим образом. Осуществлялся электролиз бикарбонатного раствора при напряжении порядка 10 В в течение 20...30 мин при ультрафиолетовом облучении раствора непосредственно после электролиза в течение 10 мин. Затем в полученную активную водно-газовую эмульсию вводился порошковый цианид натрия до концентрации 0,5...1,5 г/л и наислороживался газообразным кислородом из баллона до его содержания 36...38 мг/л. Ввод наислороженного активированного раствора цианида натрия с карбонатно-пероксидной основой в объёме 200 мл проводили ежедневно в течение 1 мин. Через 2...2,5 ч в приёмник начинал поступать продукционный раствор. Величина pH исходного и продукционного растворов изменялась в пределах 10,5...11,5. Специально величину pH не регулировали.

*Результаты экспериментов и их обсуждение.* При перколяционном выщелачивании

золота из хвостов флотационного обогащения Дарасунской ОФ, как видно из представленных таблиц с результатами анализов кеков (вторичных хвостов) и жидкой фазы (продуктивных растворов), схема с использованием активного раствора цианида натрия имеет существенные преимущества по сравнению с контрольной цианидной схемой, а также со схемой № 2, в которой использовался активный раствор цианида натрия с добавлением тиосульфата натрия. Содержание золота в исходной пробе, определённое как среднее по трём навескам, составило 2,98 г/т (табл. 2, 3). Содержание золота во вторичных хвостах выщелачивания по схеме с использованием активного раствора цианида натрия – 0,44 г/т (таким образом, извлечение золота составило 85,2 %). Поскольку содержание золота в хвостах флотации варьируется в широком диапазоне (1,89...3,74 г/т), более корректно

в этом случае определить извлечение золота по соотношению его общего количества в продуктивных растворах и суммы количества золота в продуктивных растворах с остаточным количеством его в твёрдой фазе – кеках (конечных хвостах). По этому варианту расчёта, извлечение золота с использованием активного раствора цианида натрия составило 68,1 %. Учитывая, что при этом безотносительно извлекается 0,94 г золота из тонны отходов, не требующих использования дорогостоящих процессов дробления и измельчения, с точки зрения практической реализации этот вариант переработки хвостов флотационного обогащения Дарасунской ОФ является потенциально прибыльным. Тем более, если остаточные (вторичные) хвосты – кеки после отмывки будут использоваться в качестве основы для твердеющей закладки на подземном руднике.

Таблица 2 / Table 2

*Поэлементный анализ исходных хвостов флотации Дарасунской ОФ (4Д) и полученных кеков по стандартной (1Д), активационной цианидно-тиосульфатной (2Д) и активационной цианидной (3Д) схемам / Element analysis of flotation tailings of Darasun processing plant (4D) and the cyanide leaching residual (1D), activated cyanide-thiosulphate (2D) and activated cyanide (3D) schemes*

Номер пробы/Samples	Определяемые элементы/ Elements			
	As	Fe общ./ Fetotal	Cu	Au
	массовая доля, %/ mass, %			г/т/ ppm
1-д	0,014	18,30	0,048	2,13
2-д	0,013	18,44	0,053	2,10
3-д	0,013	17,40	0,040	0,44
4-д	0,013	18,44	0,056	2,98

Таблица 3 / Table 3

*Результаты поэлементного анализа продуктивных растворов (нумерация схем сохранена) / Results of element analysis of productive solutions (numbering of schemes is constant)*

Проба/ Sample	Au	Ag
	мг/л mg/l	
1	< 0,20	< 0,05
2	0,36	< 0,05
3	5,10	0,77
4	< 0,20	< 0,05
5	< 0,20	< 0,05
6	0,71	0,08
7	< 0,20	< 0,05
8	< 0,20	< 0,05
9	0,20	< 0,05

По контрольной схеме извлечено всего 28,5 %. Практически такое же низкое извлечение и по схеме, в которой использовался активный раствор цианида натрия с добавлением тиосульфата натрия. Медь и железо по 3-й схеме также перешли в раствор в существенно большем количестве относительно контрольной схемы и тиосульфатно-цианидной схемы.

Как видно по данным, полученным по анализу жидкой фазы (см. табл. 3), кинетика активационного выщелачивания характеризуется резким снижением содержания золота по сливам, поэтому можно ожидать, что в его промышленном варианте технологический цикл будет продолжаться не более 5...7 сут.

Тестирование пульп, сформированных на базе кеков цианирования Дарасунской ОФ, по каждой из рассмотренных схем, кроме контрольной, приобретали бурый оттенок различной интенсивности, что свидетельствует о переходе растворённого двухвалентного железа в трёхвалентную гидроксидную форму [5]. Контрольная проба сохраняла серый цвет, но, после прекращения барботажки, на поверхности пульпы наблюдались плёнки голубого оттенка, что свидетельствует о реакции железа с цианидом натрия с образованием так называемой берлинской лазури – ферроцианида железа  $Fe[Fe(CN)_6]$ - или  $NaFe[Fe(CN)_6]$  [1; 5]. Исходя из сказанного, можно сделать вывод о длительности выхода сульфатов в жидкую фазу при отмывке водой, соответственно необходимо проводить её в несколько циклов при большей продолжительности, не ориентируясь на первые значения pH.

Анализ жидкой фазы отработанных пульп на содержание золота и серебра, выполненный атомно-абсорбционным методом, показал следующие результаты:

– контрольная проба –  $CAu = 0,33$  мг/л.

Извлечение в жидкую фазу составило  $0,33$  мг/л\*3л/ 2кг\*6,8мг/кг =  $0,073$  (7,3 %);

– экспериментальные пробы

$CAu = 0,73$  мг/л. Извлечение в жидкую фазу составило  $0,73$  мг/л\*3л/ 2кг\*6,8мг/кг =  $=0,16$  (16 %);

$CAu = 3,31$  мг/л. Извлечение в жидкую фазу составило  $3,31$  мг/л\*3л/ 2кг\*6,8мг/кг =  $=0,73$  (73 %);

$CAu = 3,07$  мг/л. Извлечение в жидкую фазу составило  $3,07$  мг/л\*3л/ 2кг\*6,8мг/кг =  $=0,677$  (67,7 %);

$CAu = 2,87$  мг/л. Извлечение в жидкую фазу составило  $2,87$  мг/л\*3л/ 2кг\*6,8мг/кг =  $0,633$  (63,3 %).

Учитывая существенную разницу в извлечении золота, полученного на навесках и в ходе тестирования, можно сделать вывод о принципиальной важности полноты предварительной отмывки кеков от сульфатов и ряда растворённых элементов-цианосидов. Кроме того, уровень pH должен быть задан с резервом, равным 11. Повышенный при тестировании расход цианидов (5 г/л) не критичен и может быть уменьшен. Наиболее высокий уровень извлечения золота из лежалых кеков цианирования возможно получить либо при продолжительной отмывке слабокислотным раствором и водой, либо при предварительном кислотном или слабокислотном доокислении материала и довыщелачивании меди, мышьяка и железа, вывода их сульфатных комплексов со сливом первичного, не содержащего золота продуктивного раствора.

Необходимо провести дополнительные исследования для оптимизации параметров и режимов агитационного выщелачивания, включая процесс сорбции растворённого золота по схеме «уголь в пульпе».

В целом можно сделать вывод о том, что лежалые кеки цианирования Дарасунского рудника представляют промышленно-экономический интерес, поскольку содержат значительное количество золота (порядка 6,5...8 г/т), в результате гипергенных изменений за длительное время хранения получили положительную технологическую трансформацию, обеспечивающую при использовании предлагаемой технологии достижение высокого уровня его извлечения.

Результаты лабораторных исследований по перколяционному выщелачиванию золота из окомкованных с цианидом натрия хвостов свинцовой флотации Новоширокинской обогатительной фабрики указывают на их высокую упорность. Даже в случае использования дополнительных выстаивания гранул, окомкованных растворами с высокой концентрацией цианида натрия, и последующего выщелачивания золота активированным карбонатно-цианидным раствором (рис. 1), степень выщелачивания золота составила всего 37 %. При использовании стандартной схемы цианирования извлечение составило менее 20 %.

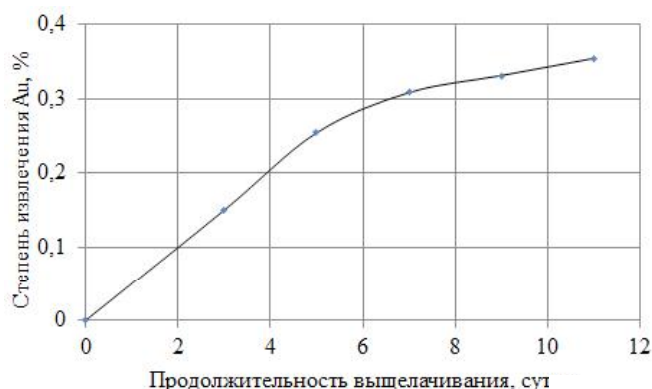


Рис. 1. Зависимость степени извлечения золота от продолжительности активационного скоростного выщелачивания золота / Fig. 1. Dependence between gold recovery and duration of activated high-speed leaching

С целью вскрытия недоступных для раствора внутрикристаллических зон и повышения эффективности кучного выщелачивания золота проведен обжиг хвостов свинцовой флотации Новоширокинской обогатительной фабрики при температуре 700...750 °С и только после этого – цианидное выщелачивание золота из огарка по классическому способу и способу с использованием активационного скоростного выщелачивания. На основании данных по изменению массы образца при нагревании от продолжительности (табл. 4) сделан вывод о том, что основная часть пирита в хвостах флотации окислялась за первые 5 ч нагревания при температуре 750 °С.

В процессе обжига происходит трансформация плотных решёток сульфидов в пористые оксидные, обеспечивающие боль-

шую проницаемость для окисляющих и комплексообразующих компонентов растворов, а также, вероятно, твердофазная диффузия к поверхности новых кристаллических решёток микро- и наночастиц золота или его отдельных атомов. Таким образом, золото в хвостах свинцовой флотации после обжига становится более доступным цианидному выщелачиванию. В связи с наличием в огарке высокой доли пылевидной фракции огарок перед выщелачиванием золота необходимо окомковывать. Исследования по выщелачиванию золота из огарка проведены по классическому варианту и по варианту активационного скоростного выщелачивания. Исходные данные для окомкования обожжённого хвоста свинцовой флотации представлены в табл. 5.

Таблица 4 / Table 4

Изменение массы образцов в процессе обжига / Change of sample weight as a result of roasting

Номер образца / Sample Number	Масса образца до нагревания, г / Sample weight before heating, g	Масса образца после нагревания в течение 5 ч при 750 °С, г / Sample weight after (5h, 7500C), g	Масса образца после нагревания в течение 15 ч при 750 °С, г / Sample weight after (15 h, 750 °C), g	Изменение массы образца при нагревании в течение разного времени, % / Change of sample weight, %	
				5 ч / 5 h	15 ча/ 15 h
1	10,2640	7,5488	7,4128	26,45	28,99
2	10,4403	7,6722	7,5388	26,51	27,79
3	10,2310	7,5451	7,4121	26,25	27,55

Таблица 5 / Table 5

Компоненты шихты для окомкования огарка из обожжённых хвостов свинцовой флотации Новоширокинского рудника / Components of mixture of roasted flotation tailings agglomeration (Novoshirokinsk mine)

Способ КВ золота/ Method of heap leaching	Навеска обожж. хвоста свинц. флотации, %/ Flotation tailing, %	Вес CaO на окомкование, %/ CaO for agglomeration, %	Вес цемента на окомк., %/ Cement for agglomeration, %	Объём H <sub>2</sub> O на окомкование, %/ H <sub>2</sub> O for agglomeration, %	CNaCN при окомк., г/л/С (NaCN) for agglomeration., g/l	Расход NaCN на выщелач. Au, кг/т / NaCN consumption for Au leaching, kg/t	Орошение с (NaCN), г/л/ (NaCN) for irrigation, g/l	Расход р-ра, м <sup>3</sup> /т/ Solution consumption, m <sup>3</sup> /t.	Выстаивание окомков. материала, сутки/ Curing time, days
Классический/ Standard	100	2	8	50	18	8	0,42	31	5
Скоростной активированный/ High speed activation	100	2	8	50	18	8	1,4	7,6	5

В процессе окомкования смесь тщательно перемешивалась и окомковывалась на сите (ячей 2 мм) с нахлороженным раствором цианида натрия с концентрацией 18 г/л до размера гранул  $d = 1,5$  мм. Полученные гранулы помещались в перколятор трубчатого типа диаметром 0,15 м и сушились на воздухе в течение 5 сут. При этом выдерживалось отношение  $D/d \leq 10$ . Высота насыпного слоя составила порядка 0,7 м. Затем для моделирования классического варианта выщелачивания на трубу устанавливали капельницу объёмом 50 мл и из неё ежедневно скапывали водный цианидный раствор в объёме 25 мл с концентрацией 0,5 г/л в течение 15...18 ч.

В отличие от классического варианта, орошение по экспериментальной схеме выщелачивания осуществлялось активированным раствором, при подготовке которого использовали электролиз раствора гидрокарбоната натрия с  $C_{NaHCO_3} = 2$  г/л в течение 1 ч, при плотности тока  $I = 100$  А/м<sup>2</sup> и напряжении 10...12 В; ультрафиолетовое облучение раствора после электролиза в течение 10 мин; нахлороживание активированных растворов до концентрации кислорода 36...39 мг/л.

Полученный активированный раствор (водно-газовую эмульсию) сливали на поверхность обработанных цианидным раствором гранул. При этом образовывался сплош-

ной обводнённый слой гранул. Раствор начинал сливаться уже через 45...50 мин после начала опыта. Такой интенсивный гидродинамический режим орошения, при наличии в растворе реакционно-активных компонентов, обеспечивает с одной стороны быстрый перевод золота из плёночной субфазы в субфазу «свободной» жидкости, с другой – обеспечивает существенное снижение эффекта прэг роббинга-переосаждения и «паразитарной» сорбции растворённого золота. Продукционные растворы отбирали ежедневно и проводили анализ на содержание золота, цианида натрия и измеряли pH. Слой гранул повторно орошали на следующий день.

При тестировании хвостов флотации Ново-Широкинского рудника помимо анализа содержания золота в продуктивных растворах осуществлялся мониторинг pH содержания остаточных цианидов. Величина pH исходного и продукционного растворов изменялась в пределах 10,5...11,5. Специально величину pH не регулировали. Концентрация цианида натрия в продукционных растворах за период исследований (8...10 сут) при капельном орошении увеличивалась с 0,3 до 0,4 г/л; при поршневом орошении, наоборот, снижалась с 4,5 до 0,1 г/л. Характер изменения концентрации золота в продукционных растворах в зависимости от продолжительности процесса представлен на рис. 2.

Как видно из рис. 2, интенсивное выщелачивание золота при обоих вариантах выщелачивания заканчивается фактически через 5...6 сут. За это время при активационном скоростном выщелачивании степень извлечения золота из обожжённого хвоста свинцовой флотации составила порядка 90 %, а при выщелачивании стандартным цианидным раствором при классическом инфильтрационном гидродинамическом режиме – 63 % (рис. 3).

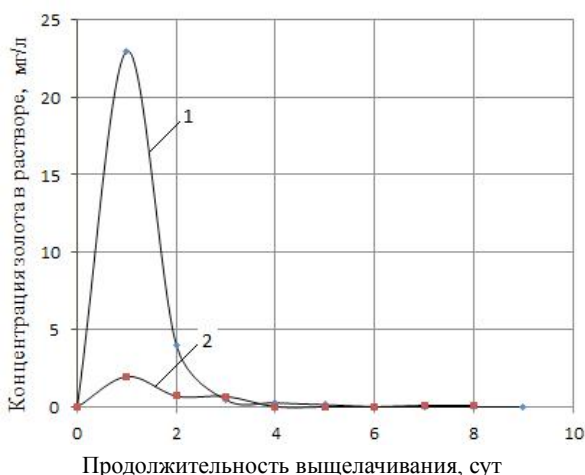


Рис. 2. Изменения концентрации золота в продуктивных растворах в зависимости от продолжительности при активационном скоростном (1) и при капельном выщелачивании золота (2) / Fig. 2. Change of gold concentration in productive solutions depending on duration when using high-speed activation (1) and at a drop leaching of gold (2)

**Заключение.** Полученные результаты исследования позволяют для переработки хвостов свинцовой флотации Ново-Широкинской обогатительной фабрики рекомендовать следующую технологию. Перед обжигом хвосты флотации подвергаются сушке в кипящем слое. Далее проводят обжиг осушенных хвостов с последующим улавливанием сернистого газа и его очисткой от печных газов способом конденсации с получением товарного жидкого продукта. Термохимическую обработку хвостов свинцовой флотации предлагается проводить в стандартных обжиговых печах кипящего типа при температуре 550...650 °С. Теплота отходящих газов исполь-

зуется для сушки исходных хвостов. После охлаждения обожжённые хвосты свинцовой флотации обрабатываются активированным в специальном электрофотохимическом реакторе раствором с последующим вводом в них цианида натрия и добавлением цемента и извести. Полученная смесь окомковывается в агломераторе. Окомкованная минеральная масса укладывается на подготовленную площадку, выдерживается 5 сут и орошается активированным в специальном электрофотохимическом реакторе раствором в поршневом режиме в течение 5...8 дней (до падения концентрации золота в продуктивном растворе до устанавливаемого расчетами уровня).

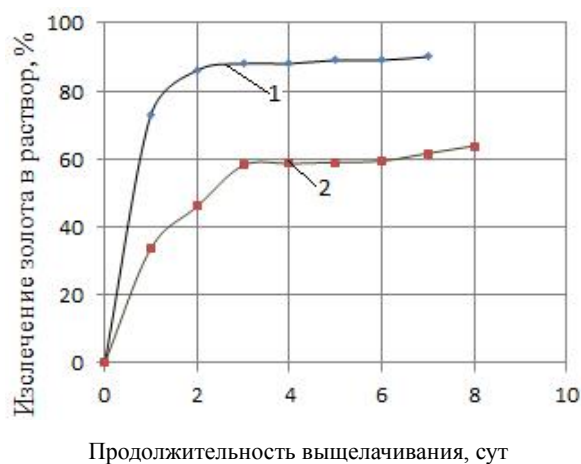


Рис. 3. Зависимость степени извлечения золота от продолжительности из обожжённого хвоста свинцовой флотации Новоширокинской обогатительной фабрики по активационному скоростному (1) и классическому цианидному кучному выщелачиванию золота (2) / Fig. 3. Dependence between gold recovery and duration of activated high-speed (1) and standard cyanide heap leaching of gold (2) from the roasted tailings of lead flotation of Novoshirokinsk processing plant

зуется для сушки исходных хвостов. После охлаждения обожжённые хвосты свинцовой флотации обрабатываются активированным в специальном электрофотохимическом реакторе раствором с последующим вводом в них цианида натрия и добавлением цемента и извести. Полученная смесь окомковывается в агломераторе. Окомкованная минеральная масса укладывается на подготовленную площадку, выдерживается 5 сут и орошается активированным в специальном электрофотохимическом реакторе раствором в поршневом режиме в течение 5...8 дней (до падения концентрации золота в продуктивном растворе до устанавливаемого расчетами уровня).



**Список литературы**

1. Абрамов А. А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. М.: Горная книга, 2017. Т. 3. Кн. 1. 540 с.
2. Аксёнов А. В., Васильев А. А. Сверхтонкое измельчение и атмосферное окисление как альтернативный способ вскрытия тонковкрапленного золота из упорного сульфидного сырья // Инновационные процессы в технологиях комплексной переработки минерального и нетрадиционного сырья (Плаксинские чтения): материалы международного совещания. Новосибирск, 2009. С. 100–101.
3. Аксёнов А. В., Васильев А. А. Способ вскрытия тонковкрапленного золота из упорного сульфидного сырья на основе сверхтонкого измельчения и атмосферного окисления // Материалы научно-практической конференции «Перспективы развития, экологии и автоматизации химических, пищевых и металлургических производств». Иркутск: Иркутский государственный технический университет, 2009. С. 9–11.
4. Али А.А., Прокофьев В. Ю., Кряжев С. Г. Геохимические особенности формирования Новоширокинского золотополиметаллического месторождения // Новое в познании процессов рудообразования: материалы III Российской молодёжной школы с международным участием. М.: Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, 2013. С. 35–38.
5. Карапетьянц М. Х. Химическая термодинамика. М.: Либроком, 2013. 584 с.
6. Патент № 2350665, С22В 3/18, С22В 11/08. Способ кюветно-кучного выщелачивания металлов из минеральной массы / Секисов А. Г., Резник Ю. Н., Зыков Н. В., Шумилова Л. В., Лавров А. Ю., Манзырев Д. В., Климов С. С., Королев В. С., Конарева Т. Г.; заявитель и патентообладатель Забайкальский горный колледж. № 2007118333/03, заявл. 16.05.2007; опубл. 27.03.2009, бюл. № 9.
7. Технологические исследования и разработка технологии получения сплава Доре из концентрата гравитационного обогащения и хвостов свинцовой флотации руды месторождения Новоширокинское: отчёт о научно-исследовательской работе: 1-120815-НШ/180116-1. Иркутск, 2016. 137 с.
8. Alonso-González O., Nava-Alonso F., Jimenez-Velasco C., Uribe-Salas A. Copper cyanide removal by precipitation with quaternary ammonium salts // Mineral Engineering. 2013. Vol. 42. P. 43–49.
9. Alonso-González O., Nava-Alonso F., Uribe-Salas A. Copper removal from cyanide solutions by acidification // Mineral Engineering. 2009. Vol. 22. P. 324–329.
10. Bas A. D., Koc E., Yazici E. Y., Devenci H. Treatment of copper-rich gold ore by cyanide leaching, ammonia pretreatment and ammoniacal cyanide leaching // Transactions of nonferrous metals society of China. 2015. Vol. 25, No. 2. P. 597–607.
11. Bobadilla-Fazzini R. A., Perez A. G., Gautier V., Jordan H., Parada P., Primary copper sulfides bioleaching vs. Chloride leaching: advantages and drawbacks // Hydrometallurgy. 2017. Vol. 168. P. 26–31.
12. Breuer P. L., Dai X., Jeffrey M. I. Leaching of gold and copper minerals in cyanide deficient copper solutions // Hydrometallurgy. 2005. Vol. 78, No. 3–4. P. 156–165.
13. Gonen N., Kabasakal O. S., Ozdil G. Recovery of cyanide in gold leach waste solution by volatilization and absorption // Journal of Hazardous Materials. 2004. Vol. 113. P. 231–236.
14. Rasskazova A. V. Leaching of base gold-bearing ore with chloride-hypochlorite solutions // Proceedings of IMPC 2018 – 29th International Mineral Processing Congress. Moscow, 2018. P. 4093–4098.
15. Smith S. R., Zhou Ch., Baron J. Y., Choi Y., Lipkowski J. Elucidating the interfacial interactions of copper and ammonia with the sulfur passive layer during thiosulfate mediated gold leaching // Electrochimica acta. 2016. Vol. 210. P. 925–934.
16. Xie F., Dreisinger D. Recovery of copper cyanide from waste cyanide solution by LIX 7950 // Mineral Engineering. 2009. Vol. 27. P. 190–195.

**References**

1. Abramov A. A. *Tehnologiya pererabotki i obogashcheniya rud tsvetnyh metallov* (Technology of processing and concentration of non-ferrous metal ores). Moscow: Mining Book, 2017, vol. 3, book. 1, 540 p.
2. Aksyonov A. B., Vasiliev A. A. *Innovatsionnye protsessy v tehnologiyah kompleksnoy pererabotki mineralnogo i netraditsionnogo syriya (Plaksinskie chteniya): materialy mezhdunarodnogo soveshchaniya* (Innovative processes in the technologies for complex processing of mineral and non-traditional raw materials (Plaksinsky readings): proceedings of the international meeting). Novosibirsk, 2009, pp. 100–101.
3. Aksyonov A. B., Vasiliev A. A. *Perspektivy razvitiya, ekologii i avtomatizatsii himicheskikh, pishevyyh i metallurgicheskikh proizvodstv: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Prospects for the development, ecology and automation of chemical, food and metallurgical industries: materials of the scientific-practical conference). Irkutsk: Irkutsk State Technical University, 2009, pp. 9–11.
4. Ali A. A., Prokofiev V. Yu., Kryazhev S. G. *Novoe v poznanii protsessov rudoobrazovaniya: materialy III Rossiyskoy molodyozhnoy Shkoly s mezhdunarodnym uchastiem* (New in the knowledge of ore formation

processes: Materials of the III Russian Youth School with international participation). Moscow: Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry RAS, 2013, pp. 35–38.

5. Karapetyants M. Kh. *Himicheskaya Termodinamika* (Chemical Thermodynamics). Moscow: Librocom, 2013. 584 p.

6. Patent № 2350665, C22B 3/18, C22B 11/08. *Sposob kyuvetno-kuchnogo vyshchelachivaniya metallov iz mineralnoy massy* (Patent No. 2350665, C22B 3/18, C22B 11/08. The method of heap cuvette-heap leaching of metals from mineral mass) / Sekisov A. G., Reznik Yu. N., Zykov N. V., Shumilova L. V., Lavrov A. Yu., Manzyrev D. V., Klimov S. S., Korolev V. S., Konareva T. G. ; Applicant and patent holder Transbaikal Mining College. No. 2007118333/03, declared 05/16/2007; publ. 03/27/2009, bull. no. 9.

7. *Tehnologicheskie issledovaniya i razrabotka tehnologii polucheniya splava Dore iz kontsentrata gravitatsionnogo obogashcheniya i hvostov svintsovoy flotatsii rudy mestorozhdeniya Novoshirokinskoe: otchyot o nauchno-issledovatel'skoy rabote: 1-120815-NSh/180116-1* (Technological research and development of the technology for producing Dore alloy from gravity concentration concentrate and lead flotation tailings of ore from the Novoshirokinskoye deposit: research report: 1-120815-NSh / 180116-1). Irkutsk, 2016. 137 p.

8. Alonso-González O., Nava-Alonso F., Jimenez-Velasco C., Uribe-Salas A. *Mineral Engineering* (Mineral Engineering), 2013, vol. 42, pp. 43–49.

9. Alonso-González O., Nava-Alonso F., Uribe-Salas A. *Mineral Engineering* (Mineral Engineering), 2009, vol. 22, pp. 324–329.

10. Bas A. D., Koc E., Yazici E. Y., Devenci H. *Transactions of nonferrous metals society of China* (Transactions of nonferrous metals society of China), 2015, vol. 25, no. 2, pp. 597–607.

11. Bobadilla-Fazzini R. A., Perez A. G., Gautier V., Jordan H., Parada P. *Hydrometallurgy* (Hydrometallurgy), 2017, vol. 168, pp. 26–31.

12. Breuer P. L., Dai X., Jeffrey M. I. *Hydrometallurgy* (Hydrometallurgy), 2005, vol. 78, no. 3–4, pp. 156–165.

13. Gonen N., Kabasakal O. S., Ozdil G. *Journal of Hazardous Materials* (Journal of Hazardous Materials), 2004, vol. 113, pp. 231–236.

14. Rasskazova A. V. *Proceedings of IMPC 2018 – 29th International Mineral Processing Congress* (Proceedings of IMPC 2018 – 29th International Mineral Processing Congress). Moscow, 2018. pp. 4093–4098.

15. Smith S. R., Zhou Ch., Baron J. Y., Choi Y., Lipkowski J. *Electrochimica acta* (Electrochimica acta), 2016, vol. 210, pp. 925–934.

16. Xie F., Dreisinger D. *Mineral Engineering* (Mineral Engineering), 2009, vol. 27, pp. 190–195.

#### Коротко об авторах

*Секисов Артур Геннадиевич*, д-р техн. наук, зав. лабораторией, Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия; профессор кафедры менеджмента, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: физико-химические геотехнологии, менеджмент в горном деле  
sekisovag@mail.ru

*Рубцов Юрий Иванович*, д-р техн. наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: физико-химические геотехнологии  
jzi.rubtsow@yandex.ru

*Лавров Александр Юрьевич*, канд. техн. наук, профессор кафедры менеджмента, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых, физико-химические геотехнологии  
lavrov\_2002@mail.ru

*Трубачев Алексей Иванович*, д-р геол.-минер. наук, профессор кафедры обогащения и вторичного сырья, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: геология месторождений цветных и благородных металлов, технологическая минералогия

*Рассказова Анна Вадимовна*, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия. Область научных интересов: обогащение упорных золотосодержащих руд, активационное выщелачивание золота цианистыми и нецианистыми растворителями  
annbot87@mail.ru

**Briefly about the authors**

*Artur Sekisov*, doctor of technical sciences, head of the laboratory, Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, professor, Management department, Transbaikal State University, Khabarovsk, Russia. Sphere of scientific interests: physical and chemical geo-technologies, management in mining

*Yuriy Rubtsov*, doctor of technical sciences, professor, Life Safety department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: physical and chemical geotechnologies

*Aleksander Lavrov*, candidate of technical sciences, professor, Management department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: mineral processing, physical and chemical geo-technologies

*Aleksey Trubachev*, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, Enrichment and Secondary Raw Materials department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: geology of non-ferrous and precious metals deposits, technological mineralogy

*Anna Rasskazova*, candidate of technical sciences, senior researcher, Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia. Sphere of scientific interests: enrichment of refractory gold-bearing ores, activation leaching of gold by cyanide and non-cyanide solvents

**Образец цитирования**

*Секисов А. Г., Рубцов Ю. И., Лавров А. Ю., Трубачев А. И., Рассказова А. В. Использование фотохимических и электрохимических процессов при выщелачивании золота из техногенно-трансформированного минерального сырья // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 70–83. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-70-83.*

*Sekisov A., Rubtsov Yu., Lavrov A., Trubachev A., Rasskazova A. Use of photochemical and electrochemical processes when leaching gold from the secondary mineral raw material // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no. 7, pp. 70–83. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-70-83.*

Статья поступила в редакцию: 05.06.2019 г.  
Статья принята к публикации: 16.09.2019 г.

УДК 622.75

DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-84-90

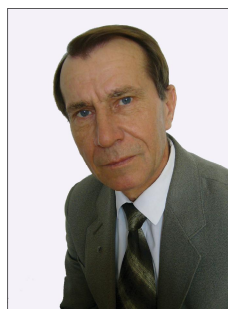
## ФОРМИРОВАНИЕ ДВОЙНОГО ТОНКОСЛОЙНОГО ЭФФЕКТА В АППАРАТАХ ПРОТОЧНОГО ТИПА ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ПОЛИМИНЕРАЛЬНОЙ ГИДРОСМЕСИ

### THE FORMATION OF THE DOUBLE THIN-LAYER EFFECT IN THE FLOW TYPE APPARATUS FOR THE ENRICHMENT OF COMPOUND SLURRY



**А. Н. Хатькова,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
alisa1965.65@mail.ru

**A. Khatkova,**  
Transbaikal State University, Chita



**В. Г. Черкасов,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
cherkasov1948@yandex.ru

**V. Cherkasov,**  
Transbaikal State University, Chita

Рассматривается физический процесс разделения полиминеральной гидровзвеси в тонкослойном пространстве на твёрдую и жидкую фазы с выделением ценного компонента. Приводится вариант аппаратного оформления системы водоподготовки, обеспечивающий защиту естественных водотоков от загрязнения с дополнительным извлечением мелких и тонких фракций тяжёлых частиц. Показано новое конструктивное решение по созданию аппаратов с расширенным функциональным назначением. В основе их действия лежит энергосберегающий принцип на базе двойного тонкослойного эффекта. Приводятся техническая характеристика, показатели разделительной способности, оценка обогатительных свойств и причины, вызывающие повышенную эффективность конструкции применительно к переработке полиминеральных гидросмесей при промывке металлоносных песков на россыпных месторождениях. Рассматриваются новые технические решения, формирующие двойной тонкослойный эффект разделения двухфазной гидровзвеси с целью расширения функциональных возможностей при промывке металлоносных песков

**Ключевые слова:** полиминеральная гидросмесь; тонкослойное пространство; твёрдая и жидкая фазы; стратифицированный поток; двойной эффект; осадочный слой; аппараты; фракция; режим; промывка металлоносных песков

The article deals with the physical process of separation of polymineral hydro suspension in a thin-layer space into solid and liquid phases with the release of a valuable component. A variant of the hardware design of the water treatment system, which provides protection of natural streams from pollution with additional extraction of fine and fine fractions of heavy particles, is presented. The new constructive decision on creation of devices with the expanded functional purpose is shown. Their action is based on the energy-saving principle based on the double current-layer effect. The technical characteristics, indicators of the separation of powers, evaluation and processing properties and the causes of the increased efficiency of design in relation to the processing polymineral slurries when flushing than metal-bearing sands of alluvial are described. New technical solutions are considered, forming the dual thin layer separating the effects of two-phase hydro-slurry with the aim of expanding functionality by washing metalliferous sands

**Key words:** polymineral slurry; thin space; solid and liquid phases; stratified flow; double effect; sediment; vehicles; faction; mode; flushing metalliferous sands

Гидромеханизированная переработка минерального сырья на россыпных месторождениях базируется на водоёмких операциях с формированием огромных (до

1000...2000 м/ч) массопотоков полиминеральной гидросмеси. Несовершенство технологического оборудования приводит к значительным (до 45...50 %) безвозвратным

потерям тонких фракций ценного компонента [1; 4]. Низкая улавливающая способность наиболее распространённых аппаратов проточного типа (шлюзы, желоба, концентрационные столы, осадочные машины и т. д.) определяется гидродинамическим режимом. Возникающая турбулентность массопотока в зоне разделения при транспортировании полиминеральной гидровзвеси подавляет основной разделительный фактор для мелких и тонких классов тяжёлых частиц – гравитационную составляющую. Ламинарный режим в этих случаях более благоприятен, но приводит к снижению пропускной способности аппарата или к увеличению его габаритов и массы.

Рациональная совместимость увеличения пропускной способности и снижения габаритов, массы при сохранении ламинарного режима в рабочей зоне аппарата достигается при прохождении гидросмесью многослойного тонкослойного пространства [2; 7]. В зависимости от назначения такие конструкции имеют различные названия. В дальнейшем принят общий термин – тонкослойные аппараты (ТА).

При кардинальном изменении типовой конструкции подобных аппаратов [5; 6; 9] появляется возможность формировать двойной тонкослойный эффект и расширять функциональные возможности ТА, дополнительно придавая обогатительную функцию. Первый эффект проявляется с ускоренным переходом твёрдой фазы гидросмеси на стенки каналов рабочей полости при ламинарном режиме потока. В этом случае в качестве разделительной области выступает тонкослойное пространство аппарата. Второй эффект возникает при транспортировании аккумулялированной твёрдой фазы вдоль продольно вытянутого днища оболочки аппарата. Такой подход обеспечивает дополнительную степень свободы по формированию и транспортировке осадочного продукта в пространстве и во времени. V-образная форма канала (рис. 1) локализует осадок и увеличивает его высоту, при этом в процессе его продольного перемещения возникает сегрегация частиц по плотности.

Такое перераспределение двухфазной среды даёт возможность накладывать на разделительный процесс дополнительные функциональные связи.

Для полиминеральной гидровзвеси продольное перемещение сгущённого оса-

дочного слоя с ламинарным режимом вдоль V-образного канала в придонной зоне формирует процесс сегрегации твёрдой фазы. При этом тяжёлая фракция переходит в нижнюю часть стратифицированного потока. Улавливающие карманы или трафареты, расположенные внутри гофрированного канала, позволяют отсекают и дифференцированно (по плотности частиц) выводить тяжёлую фракцию наружу [8]. Возможности этого решения не ограничены разделением гидровзвеси (суспензий), но и благоприятны для разделения эмульсий с выводом, например, нефтепродуктов. В этом случае меняется расположение улавливающих элементов – с нижнего положения оболочки на её верхнюю часть.

Если известные конфигурации ТА используют при эксплуатации как осветлители жидкой или сгустители твёрдой фазы, и они предназначены для выделения твёрдой фазы в целом, то предложенный вариант формы тонкослойного пространства (патенты РФ № 2385771, 2222382, 1692028, 2248848) расширяет возможности ТА, придавая таким устройствам обогатительные функции [6].

Локализация тонкодисперсной твёрдой фазы в канале днища ТА создаёт прямую механическую стратификацию (плотностное расслоение) [3]. При этом скачок плотности квазизжидкой среды с глубиной увеличивается (рис. 1б). В результате пульсационное перемещение тяжёлых частиц вверх, вызванное действием турбулентности, тормозится силой тяжести, и энергия турбулентности переходит в потенциальную энергию положения. Подобный процесс стабилизации энергии турбулентности происходит при перемещении лёгкой частицы вниз, в среду с большей плотностью, то есть прямая стратификация гасит турбулентность твёрдой фазы в потоке, что даёт основания рассматривать движение двух неоднородных по плотности жидкостей по двухслойной схеме.

Из известных критериев устойчивости потока в теории стратифицированных течений для оценки тонкослойного процесса наиболее приемлем комплекс  $F$  [5] на основе плотностных чисел Рейнольдса и Фруда. Для осадочного слоя этот комплекс определяется как

$$F = Re_{\delta} Fr_{\delta}^2 = \frac{\Delta V \delta_{\delta}}{\rho_1 v_1 + \rho_0 v_0} \frac{(\Delta V)^2}{g \frac{\Delta \rho}{\rho} \delta_{\delta}} \leq F_{kpi}, \quad (1)$$

где  $Re_\delta$  и  $Fr_\delta$  – числа Рейнольдса и Фруда соответственно в нижней области канала;

$\Delta V = (U_{cp} - V_{cp})$  – разность скорости между потоками;

$\delta_\delta$  – толщина пограничного слоя раздела;

$\nu_\rho, \rho_\rho, \rho_p, \nu_l$  – соответственно плотность рассматриваемых слоёв и их кинематические коэффициенты вязкости;

$\Delta\rho$  – разность плотностей;

$\rho$  – осреднённая плотность рассматриваемого слоя;

$F_{kpi}$  – показатель устойчивости  $i$ -го состояния.

В этом случае основным параметром выступает скорость осадочного слоя –  $U_{cp}$ . Рассматривая нижний слой как структурную вязкопластичную систему, на основе зако-

на Шведова – Бингама установлена зависимость для определения средней скорости осадка

$$U_{cp} = \frac{h^2 g c_{oc} (\rho - \rho_{oc}) (\sin \alpha - f_\alpha \cos \alpha)}{8 \mu_{oc}} \mu V_{cp}, \quad (2)$$

где  $h$  – средняя высота слоя;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;

$\rho$  и  $\rho_*$  – плотность твёрдых частиц и жидкой фазы, соответственно;

$\mu_{oc}$  – коэффициент динамической вязкости осадочного слоя;

$V_{cp}$  – скорость исходной гидровзвеси;

$f_\alpha$  – коэффициент трения, определённый через средний угол трения при переходе осадка из статического состояния в динамическое и наоборот.

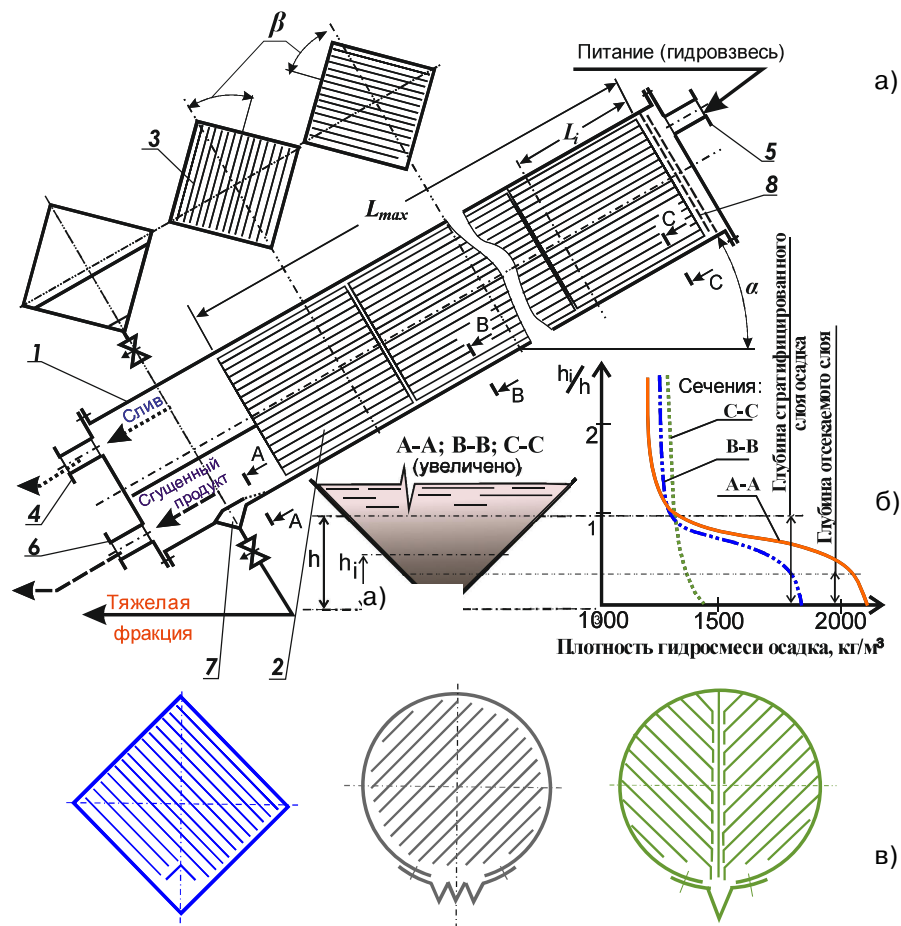


Рис. 1. Схема тонкослойного аппарата (а), график изменения плотности локализованного слоя осадка по его глубине (б) и варианты исполнения тонкослойного пространства по поперечному сечению (в): 1 – оболочка аппарата; 2 – тонкослойные элементы; 3 – каналы; 4 – патрубок слива; 5 – патрубок питания; 6 – патрубок выхода сгущённого продукта; 7 – отсекающий карман тяжёлой фракции; 8 – распределитель потока / Fig. 1. Diagram of thin-layer apparatus (a), schedule changes in the density of localized sediment layer at depth (b), and embodiments of the thin space over the cross section (c): 1 – the casing of the device; 2 – thin-layer elements; 3 – channels; 4 – drain; 5 – outlet power supply; 6 – nozzle output underflow; 7 – shut-off pocket of the heavy fraction; 8 – flow divider

Для различных покрытий канала и состава гидросмесей опытным путём на прозрачной физической модели определены значения  $f_{\text{э}}$ , которые находятся в интервале 0,83...0,97. А значения объёмного содержания твёрдой фазы в исходном питании для песчано-глинистого слоя аппроксимированы в зависимости  $c_{\text{ос}} = 0,16 + 51h$  где  $0 < h < 0,02$  м. Погрешность опытных значений с расчётными по зависимости (2) не превышает 12 %.

Так же физическим моделированием (рис. 2) установлено, что при  $F_{\text{кр.1}} < 120$  потоки имеют ламинарный режим, при этом разность средних скоростей исходного питания и слоя осадка составляет  $\Delta V = (U_{\text{ср}} - V_{\text{ср}}) < 0,04$  м/с; при  $120 < F_{\text{кр.2}} < 500$  и  $0,04 < \Delta V < 0,06$  наблюдается устойчивое возмущение осадочного слоя; при  $500 < F_{\text{кр.3}} < 1200$  и  $0,06 < \Delta V < 0,08$  происходит распад стратифицированного течения, а при значениях  $F_{\text{кр.4}} > 1200$  и  $\Delta V > 0,08$  м/с наступает турбулентное течение в тонкослойном пространстве и V-образном канале.

Исследование показывает, что высокая эффективность процесса разделения двухфазной среды с выводом твёрдой фазы из рабочего пространства, который проходит с минимальным значением  $\Delta V$ . При этом для стратифицированного потока значения комплексного показателя устойчивости должны соответствовать  $F < 100$ . Анализ полученных значений  $F$  для разделительного процесса в конструкциях ТА с аналогичными процессами, рассматриваемыми в гидрологии, океанологии, химии, метеорологии показывает, что значения показателя  $F$  в тонкослойных

элементах находятся в том же режимном диапазоне. Учитывая, что колебания геометрических и кинематических параметров каналов ТА и режимов их работы достаточно ограничены по сравнению с аналогами на максимальном уровне, полученные значения критерия  $F$  можно принять за основу при оценке устойчивости процесса механической стратификации в тонкослойных элементах при проектировании разделительных аппаратов подобного типа.

Оценка обогатительных свойств предлагаемой конструкции по выделению тяжёлой фракции из полиминеральной гидросмеси проводилась на прозрачной физической модели с использованием искусственно приготовленных гидросмесей. В качестве исходного питания применялась песчано-глинистая смесь (класса – 71 мкм) с добавлением магнетита того же класса (тяжёлая фракция) с долей 9,1 % от общей твёрдой массы. Пробы отбирались по длине ТА и высоте осадка в V-образном канале днища модели (рис. 2). Если на входе в ТА содержании тяжёлой, лёгкой фракции и жидкой фазы составляло в соотношении по массе 1:10:100, то на выходе из аппарата это соотношение достигало 1:2:10. Объём отводимого потока не превышал 11,7 % от исходного питания, а уровень концентрации тяжёлых частиц в твёрдой фазе, отводимой из V-образного канала, превосходил в 3,7 раза исходное содержание. Эффективность обогатительного процесса по формуле Луйкена–Хенкока составила 79,1 %.

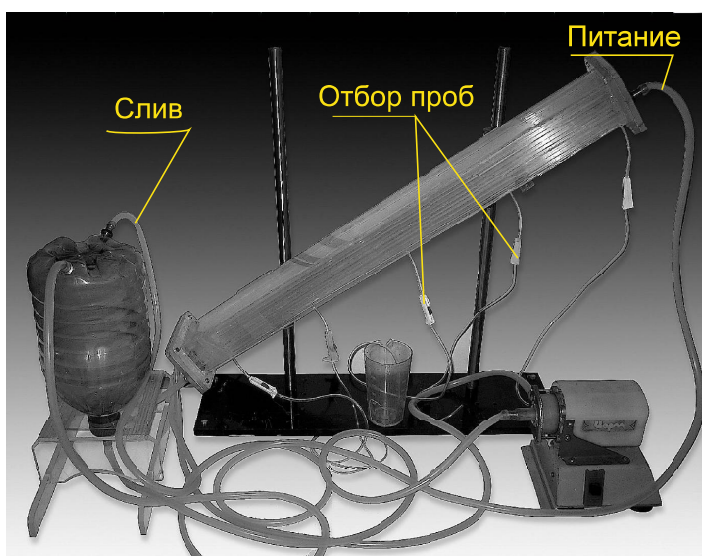


Рис. 2. Опытная модель тонкослойного аппарата / Fig. 2. Experimental model of thin-layer apparatus

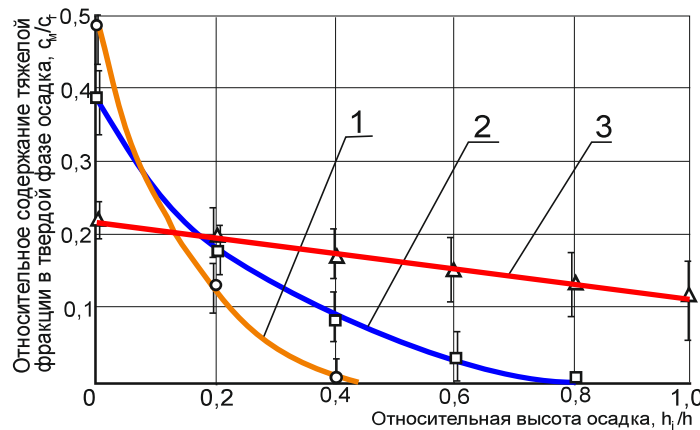


Качественно-количественные изменения состава двухфазной гидросмеси, пропущенной через тонкослойное пространство, представлены на рис. 3. Такая деформация осадочного слоя вызвана следующими причинами:

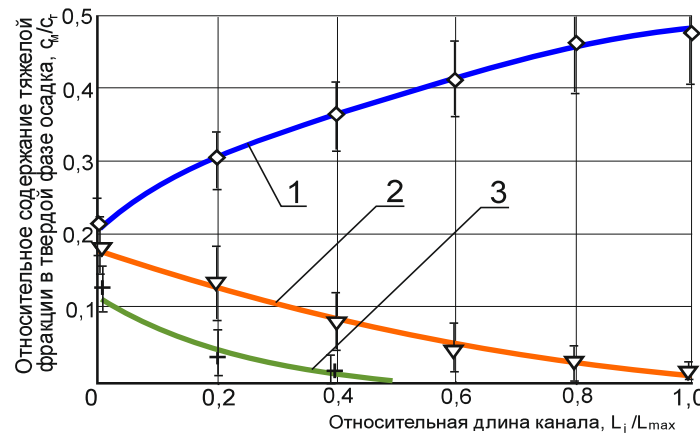
- ламинарным режимом потока в тонкослойном пространстве;
- прямоточной схемой перемещения стратифицированных потоков двухфазной среды;
- селективностью твёрдой фазы в пространстве и во времени (начальный эффект тонкослойного пространства);
- сегрегацией частиц осадочного слоя во взвешенном состоянии при перемещении

его вдоль V-образного канала (конечный эффект).

Скорость перемещения осадка в гофрированном канале с 0,08...0,09 м/с до 0,01 м/с возможно регулировать углом наклона оболочки аппарата относительно горизонта с 50° до 40°. Снижение скорости транспортирования твёрдой фазы в осадочном слое существенно влияет на его высоту, что позволяет в свою очередь повысить эффективность процесса сегрегации частиц. Увеличить высоту осадка возможно и конструктивным путём за счёт создания рациональной формы канала вдоль дна оболочки (см. рис. 1в).



а)



б)

Рис. 3. Изменение содержания тяжёлой фракции (магнетит – 4950 кг/м<sup>3</sup>, исходная концентрация – 10 г/дм<sup>3</sup>) а) по глубине локализованного песчано-глинистого осадка (2600 кг/м<sup>3</sup>, исходная концентрация – 100 г/дм<sup>3</sup>): 1 – в конце канала на выходе из ТА; 2 – в средней части; 3 – в начале канала, что соответствует сечениям А-А, В-В, С-С на рис. 1; б) по длине канала: 1 – нижний слой осадка,  $h_i/h=0$ ; 2 – средний слой,  $h_i/h=0,5$ ; 3 – верхний слой осадка,  $h_i/h=1$  / Fig. 3. The change in the content of the heavy fraction (magnetite – 4950 kg / m<sup>3</sup>, initial concentration – 10 g / dm<sup>3</sup>) a) the depth of the localized sand-clay sediment (2600 kg / m<sup>3</sup>, initial concentration 100 g / dm<sup>3</sup>), where: 1 – at the end of the channel at the outlet of TA; 2 – in the middle part; 3 – at the beginning of the channel, which corresponds to the sections A-A, B-B, C-C in Fig. 1; b) the length of the channel, where: 1 – bottom layer of sludge,  $h_i/h=0$ ; 2 – the middle layer,  $h_i/h=0,5$ ; 3 – the top layer of sediment,  $h_i/h=1$



Следовательно, использование нового аппаратного оформления тонкослойной конструкции с двойным тонкослойным эффектом в сепараторах проточного типа позволяет расширить их функциональные возможности. При этом решить одновременно две

задачи: первая – выделять твёрдую фазу из гидровзвеси, используя аппарат как сгуститель или осветлитель; вторая – обогащать тонкодисперсное полиминеральное сырьё при промывке металлоносных песков, которое ранее безвозвратно уходило в хвосты.

### Список литературы

1. Афанасенко С. И., Лазариди А. Н. Золотая жила техногенных отвалов // Золотодобыча. URL: <https://www.zolotodb.ru/articles/technical/10167> (дата обращения: 05.07.2019). Текст: электронный.
2. Бауман А. В. Методика оценки эффективности тонкослойного сгустителя // Обогащение руд. 2015. № 2. С. 36–41.
3. Боронин С. А. Гидродинамическая устойчивость стратифицированного течения суспензии в плоском канале // Доклады академии наук. 2009. Т. 429, № 4. С. 477–480.
4. Замятин О. В. Обогащение золотосодержащих песков на шлюзах. Основные закономерности и технологические возможности процесса // Золотодобыча. URL: <https://www.zolotodb.ru/articles/technical/10789> (дата обращения: 05.06.2019). Текст: электронный.
5. Черкасов В. Г. Влияние геометрии потока гидровзвеси на процесс выделения тяжелой фракции ценного компонента при промывке металлоносных песков // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 4. С. 71–78.
6. Черкасов В. Г. Расширение функциональных возможностей тонкослойных (канальных) аппаратов в обогатительных процессах // Обогащение руд. 2017. № 5. С. 42–47.
7. Шевченко А. И. Влияние конструктивных и гидродинамических параметров тонкослойного гидравлического классификатора на эффективность разделения минеральных частиц // Науковий вісник Національного гірничого університету. 2011. № 3. С. 54–58.
8. Cherkasov V. G. Design and technological solution of forming flush combine for the development of placer mineral deposits // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2016. No. 1. P. 59–63.
9. Dichtl N. Parallelplattenabscheider in der Industrieabwasserreinigung // Wasser Abwasser Praxis. 1995. No. 4. P. 50–52.

### References

1. Afanasenko S. I., Lazaridi A. N. *Zolotodobycha*. (Gold mining). URL: <https://www.zolotodb.ru/articles/technical/10167> (Date of access 05.07.2019). Text: electronic.
2. Bauman A. V. *Obogashchenie rud* (Ore dressing), 2015, no. 2, pp. 36–41.
3. Boronin S. A. *Doklady akademii nauk* (Reports of the Academy of Sciences), 2009, vol. 429, no. 4, pp. 477–480.
4. Zamyatin O. V. *Zolotodobycha*. (Gold mining). URL: <https://www.zolotodb.ru/articles/technical/10789> (Date of access: 05.06.2019). Text: electronic.
5. Cherkasov V. G. *Bulletin of the Transbaikalian State University* (Transbaikalian State University Journal), 2015, no. 4, pp. 71–78.
6. Cherkasov V. G. *Obogashchenie rud* (Ore dressing), 2017, no. 5, pp. 42–47.
7. Shevchenko A. I. *Naukoviy visnik Natsionalnogo girnichogo universitetu* (Science News of the National Hospital University), 2011, no. 3, pp. 54–58.
8. Cherkasov V. G. *Journal of Advanced Research in Technical Science* (Journal of Advanced Research in Technical Science), 2016, no. 1, pp. 59–63.
9. Dichtl N. *Wasser Abwasser Praxis* (Wasser Abwasser Praxis), 1995, no. 4, pp. 50–52.

### Коротко об авторах

Хатькова Алиса Николаевна, д-р техн. наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: минералого-технологическая оценка неметаллических полезных ископаемых, методы обогащения и разработки современных технологий переработки нетрадиционных видов минерального сырья  
alisa1965.65@mail.ru

Черкасов Валерий Георгиевич, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: машины и аппараты горно-обогатительного производства  
cherkasov1948@yandex.ru

**Briefly about the authors**

---

*Alisa Khatkova*, doctor of technical sciences, professor, Chemistry department, Vice-Rector for Scientific and Innovative Work, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: mineralogical and technological evaluation of non-metallic minerals, methods of enrichment and development of modern technologies for processing non-traditional types of mineral raw materials

*Valery Cherkasov*, doctor of technical sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: mining and processing machinery and equipment

**Образец цитирования**

---

*Хатькова А. Н., Черкасов В. Г. Формирование двойного тонкослойного эффекта в аппаратах проточного типа при обогащении полиминеральной гидросмеси // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 84–90. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-84-90.*

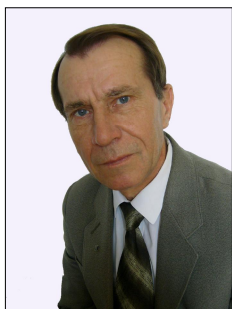
*Khatkova A., Cherkasov V. The formation of the double thin-layer effect in the flow type apparatus for the enrichment of compound slurry // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no.7, pp. 84–90. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-84-90.*

Статья поступила в редакцию: 03.09.2019 г.

Статья принята к публикации: 19.09.2019 г.

УДК 622.766

DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-91-96

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПОЛИДИСПЕРСНЫХ И ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ ГИДРОСМЕСЕЙ В ТОНКОСЛОЙНОМ ПОТОКЕ****THEORETICAL FRAMEWORK OF THE SEPARATION PROCESS OF POLYDISPERSE AND POLYMINERAL HYDRO MIXTURES IN THIN-BEDDED FLOW****В. Г. Черкасов,**

Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
cherkasov1948@yandex.ru

**V. Cherkasov,**

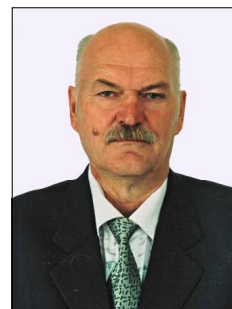
Transbaikal State University, Chita

**П. Б. Авдеев,**

Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
chita-apb@yandex.ru

**P. Avdeev,**

Transbaikal State University, Chita

**Ю. И. Рубцов,**

Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
jzi.rubtsow@yandex.ru

**Yu. Rubtsov,**

Transbaikal State University, Chita

Приводится физико-математическая модель выделения мелких и тонких классов ценного компонента из полидисперсной или полиминеральной гидросмеси на основе гравитационного процесса разделения двухфазной среды в проточных многоканальных аппаратах. Теоретически рассматривается процесс разделения двухфазной среды (жидкое – твердое) в наклонном канале при ламинарном режиме с формированием стратифицированных (двухслойных) по плотности потоков. В качестве исходного питания принимаются эфельные хвосты, образующиеся при обогащении металлоносных песков на россыпных месторождениях. Основная цель теоретического подхода заключается в установлении геометрической и кинематической связи с учетом влияния характеристик исходной суспензии на процесс разделения по плотности и крупности твердых частиц. В качестве базовой закономерности при разработке математической модели принята дифференциальная функция ( $\gamma$ -функция) с последующей «деформацией» в аналитические зависимости, учитывающие параметры тонкого слоя (высоту, длину, угол наклона каналов). Условия стратификации потоков принимаются с учетом перехода тонкодисперсной твердой фазы в осадок и значений угла наклона канала. Также дается переход от функции распределения твердой фазы по однофакторному физическому признаку (гидравлическая крупность) к двухфакторному признаку (плотность и размер частиц), что позволяет оценить геометрическое распределение осадочных слоев с учетом положения узких фракций. Такой теоретический подход на стадии исследования или проектирования подобных разделительных аппаратов позволяет одновременно увязывать характеристику исходного сырья, технологические и геометрические параметры обогатительных устройств нового типа, технические решения которых защищены патентами РФ. Применительно к полиминеральным гидросмесям приводятся результаты расчета распределения твердой фазы, полученные по найденным зависимостям, в ламинарном потоке с числом Рейнольдса менее 1000

**Ключевые слова:** тонкослойное пространство; канал; твердая фаза; ламинарный режим; функция распределения; гидросмесь; дифференциальные зависимости; физический признак; сырье; ценный компонент; параметры; процесс

**A** physico-mathematical model for the allocation of small and thin classes of valuable component from polymineral polydisperse or slurry based on the gravity separation process, the two-phase medium flowing in a multi-

channel apparatus is described. Theoretically, the process of separation of a two – phase medium (liquid-solid) in an inclined channel in the laminar regime with the formation of stratified (two-layer) density flows is considered. Efel tails are taken as the initial hydraulic mixture during the enrichment of metal-bearing sands at alluvial deposits. The main objective of the theoretical approach is to establish a geometric and kinematic relationship, taking into account the characteristics of the initial suspension on the separation process by density and size of solid particles. The differential function ( $\gamma$ -function) with subsequent “deformation” into analytical dependences, taking into account the parameters of the thin layer (height, length, channel inclination angle), is accepted as a basic regularity in the development of the mathematical model. The flow stratification conditions are assumed taking into account the transition of the fine solid phase to the sediment and the channel inclination angle. The transition from the distribution function of the solid phase on a one-factor physical feature (hydraulic size) to a two-factor feature (density and particle size) is also given, which makes it possible to estimate the geometric distribution of sedimentary layers taking into account the position of narrow fractions. Such a theoretical approach at the stage of research or design of such separation devices allows to simultaneously link the characteristics of the feedstock, technological and geometric parameters of concentrators of a new type, the technical solutions of which are protected by patents of the Russian Federation. With respect to polymineral hydro mixtures, the results of calculation of the distribution of the solid phase produced by the obtained dependences in a laminar flow with a Reynolds number less than 1000 are presented

**Keywords:** thin-layer space; channel; solid phase; laminar flow regime; distribution function of; slurry; differential relation; physical characteristic; raw; valuable component parameters of the process

При обогащении минерального сырья на объектах россыпной золотодобычи путем промывки металлоносных песков значительные потери (до 40...50 %) представлены мелкими и тонкими фракциями ценного компонента [1; 2]. Для выделения таких фракций из двухфазного потока (жидкое – твердое) разработаны новые конструкции тонкослойных аппаратов (патент РФ № 1692028 и др.), действующих на принципе двойного тонкослойного эффекта. В отличие от известных устройств [7; 8] эти аппараты кроме функций осветления и сгущения массопотоков гидросмеси конструктивно дополнены новой функцией по обогащению тяжелой фракции [3; 5]. При оценке возникающего эффекта разделения двухфазной среды на этапе исследования или проектирования подобных устройств отсутствие удовлетворительного теоретического подхода к такому процессу в совокупности затрудняет выбор геометрических параметров, технологических режимов, характеристику исходного сырья на входе и выходе. С этой целью сделана попытка теоретически увязать главные параметры тонкослойного разделения неустойчивой гидросмеси, влияющие на процесс улавливания тяжелых фракций ценного компонента. За базовую основу аналитического подхода принята дифференциальная характеристика твердой фазы из теории обогащения полезных ископаемых.

Исходную твердую фазу потока эфельных хвостов от промывки металлоносных песков будем оценивать  $\gamma$ -функцией распределения твердых частиц в жидкой среде по физическим свойствам [4]: гидравлической крупности ( $w_i$ ), размеру ( $d_g$ ), плотности частиц ( $\rho$ ); а тонкослойное пространство – по длине ( $L$ ), высоте канала ( $H$ ), углу наклона канала к горизонту ( $\alpha$ ). За кинематический параметр принимаем среднюю скорость потока в тонкослойном пространстве ( $V_{cp}$ ).

Тогда кинематическая связь типа  $w_i = w(L_i)$  между гидравлической крупностью частиц, которая меняется в пределах  $w_{min} < w_i < w_{max}$  и длиной их расслоения, в осадке имеет вид

$$w_i = \frac{HV_{cp}}{L_i \cos \alpha}. \quad (1)$$

Если вся твердая фаза на входе в канал переходит в осадок, тогда условие нормировки принимает вид

$$\int_{w_{min}}^{w_{max}} \gamma(w) dw = 1 \quad [4]. \quad (2)$$

С новой переменной ( $L_i$ ) на участке  $\Delta L$   $\gamma$ -функция переходит в зависимость как  $\gamma_i = \gamma(L_i)\Delta L$  или, с учетом условия (1),

$$\gamma_i = -\gamma[w(L_i)] \frac{HV_{cp}}{L_i^2 \cos \alpha} \Delta L. \quad (3)$$

При этом условие (2) тоже меняется, но сохраняется конечный результат

$$\int_{L(w_{\min})=L_{\max}}^{L(w_{\max})=L_{\min}} \gamma[w(L)] \frac{HV_{cp}}{L^2 \cos \alpha} dL = \int_{L_{\min}}^{L_{\max}} \gamma[w(L)] \frac{HV_{cp}}{L^2 \cos \alpha} dL = 1. \quad (4)$$

Переход от параметра  $w$  к параметру  $L$  для  $\gamma$ -функции наглядно дан в графической интерпретации (рис. 1).

В обогатительном процессе интерес представляет улавливаемая доля твердой фа-

зы на участке АВ, отсекаемая сечением А-А (рис. 2). Учитывая зависимость (3), получаем

$$\Delta \gamma_{iAB} = \left[ 1 - \frac{l_A}{L_i} \right] \gamma[w(L_i)] \frac{HV_{cp}}{L_i \cos \alpha} \Delta L = \left[ 1 - \frac{w(L_i)}{w(L_A)} \right] \gamma(w_i) \Delta w, \quad (5)$$

а на участке АС получаем соответственно

$$\Delta \gamma_{iAC} = \frac{l_A}{L_i} \gamma[w(L_i)] \frac{HV_{cp}}{L_i \cos \alpha} \Delta L. \quad (6)$$

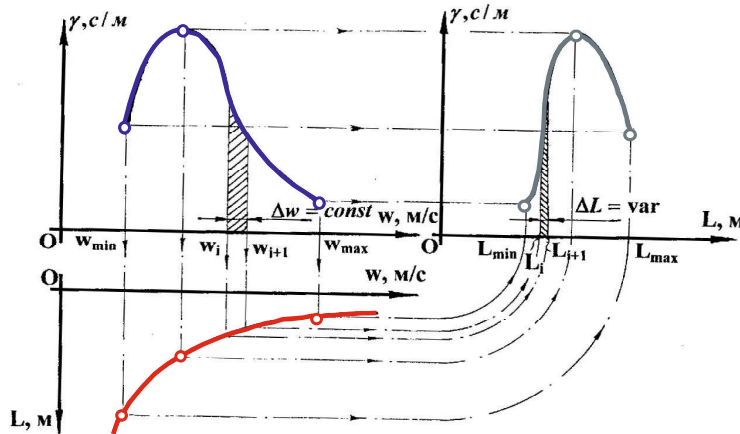


Рис. 1. Графическая интерпретация трансформации  $\gamma$ -функции от гидравлической крупности к предельной длине рассеивания частиц / Fig. 1. Graphical interpretation of the transformation-function from the hydraulic size to the maximum particle scattering length

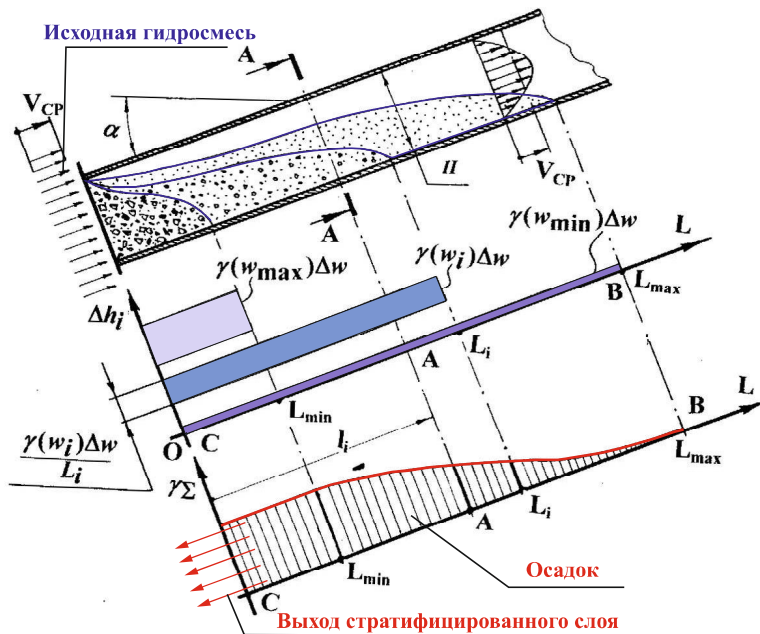


Рис. 2. Схема формирования осадка полидисперсной гидросмеси в тонкослойном канале / Fig. 2. Scheme of polydisperse slurry sediment formation in a thin-layer channel

Доля исходных частиц выше сечения А-А на участке АВ есть потерянная твердая фаза, которая определяется по зависимости (5) как

$$\gamma_{\Sigma AB} = \int_{w(L_{\max})}^{w(L_A)} \left[ 1 - \frac{w(L_{\max})}{w} \right] \gamma(w) dw = \int_{L_A}^{L_{\max}} \left[ 1 - \frac{L}{L_{\max}} \right] \gamma[w(L)] \frac{HV_{cp}}{L^2 \cos \alpha} dL, \quad (7)$$

на участок АС попадают и переходят в осадок улавливаемые частицы, а их доля составляет

$$\gamma_{\Sigma AC} = 1 - \gamma_{\Sigma AB}. \quad (8)$$

По полученным зависимостям (7) и (8) можно оценить улавливающую способность тонкослойного пространства для полидисперсной твердой фазы гидросмеси с учетом геометрических, кинематических параметров процесса в тонкослойных аппаратах нового типа (патенты РФ № 2248848, 2385771) применительно к различным характеристикам исходного потока двухфазной среды.

Для перехода от полидисперсной среды к полиминеральной в пределах проявления закона Стокса  $\gamma$ -функция будет представлять зависимость  $\gamma = \gamma(d_p, \rho)$ , если

$$w_i = \frac{d_p^2 g (\rho - \rho_{ж})}{18 \mu}, \quad (9)$$

то с учетом (1) получаем связь вида  $L_i = f(\rho, d_p)$

$$L_i = \frac{18 HV_{cp} \mu}{d_p^2 g (\rho - \rho_{ж})}, \quad (10)$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость;

$\rho_{ж}$  – плотность жидкой среды. И далее переход к конечным уравнениям по условиям (7) и (8).

При переходе от продольных к поперечным параметрам высоту  $i$ -го слоя стратифицированного осадка [6]  $\Delta h_i$  (см. рис. 2), можно представить как

$$\Delta h_i = \frac{\gamma(w_i) \Delta w}{L_i} = \frac{\gamma[w(L)] HV_{cp} \Delta L}{L_i^3 \cos \alpha}, \quad (11)$$

а для всего осадочного слоя в сечении А-А

$$h_{\Sigma A} = \int_{w_{\min}}^{w(L_A)} \frac{\gamma(w) w \cos \alpha}{HV_{cp}} dw = \int_{L_A}^{L_{\max}} \gamma[w(L)] \frac{HV_{cp}}{L^3 \cos \alpha} dL. \quad (12)$$

При таком переходе от  $\gamma$ -функции к  $h$ -функции выполняется условие нормировки, как (2)

$$\int_{w_{\min}}^{w_{\max}} \gamma(w) dw = \int_{L_{\min}}^{L_{\max}} h_{\Sigma}(dL) = 1.$$

Для наиболее распространенных минералов проведен расчет предельной длины перераспределения осадочного слоя в тонкослойном пространстве по полученным условиям зависимости (7), (8) без нарушения условий перемещения потоков в каналах высотой  $H$ , с соблюдением условия (12), а именно  $H \gg h_{\Sigma A}$ . В качестве исходной гидравлической крупности с учетом (9) и (10) приняты экспериментальные значения [8]. Условия сохранения ламинарного потока ограничено числом Рейнольдса  $Re = \frac{\rho_{ж} V_{cp} H}{\mu} \leq 1000$ . Результаты, по которым можно провести анализ улавливающей способности тонкослойного пространства, представлены на рис. 3.

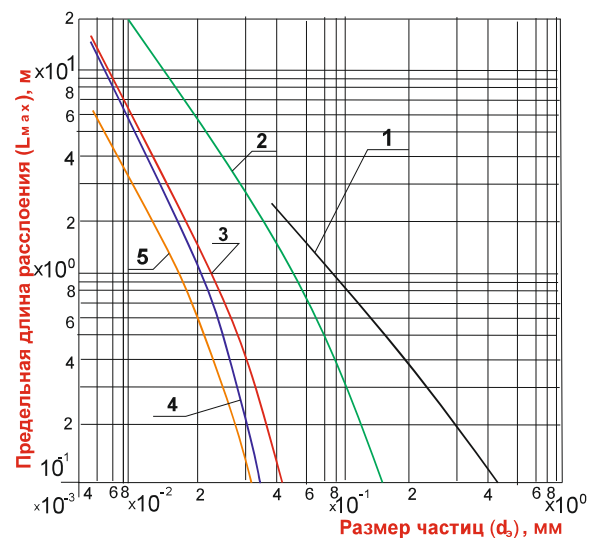


Рис. 3. Влияние физических параметров ( $\rho$ ;  $d_p$ ) минералов при их полном переходе в осадок на предельную длину канала (жидкая фаза – вода; схема массопотоков – противоточная;  $\alpha = 60^\circ$ , для канала  $Re = 1000 = const$ ): 1 – уголь,  $\rho = 1,35 \text{ г/см}^3$ ; 2 – кварц,  $\rho = 2,65 \text{ г/см}^3$ ; 3 – касситерит,  $\rho = 6,92 \text{ г/см}^3$ ; 4 – галенит,  $\rho = 7,65 \text{ г/см}^3$ ; 5 – золото,  $\rho = 17 \text{ г/см}^3$  / Fig. 3. The influence of physical parameters ( $\rho$ ;  $d_p$ ) minerals in their complete transition into the sediment to the maximum length of the channel (liquid phase – water; diagram of mesopotamos – countercurrent;  $\alpha = 60^\circ$  channel  $Re = 1000 = const$ ): 1 – coal,  $\rho = 1,35 \text{ g/cm}^3$ ; 2 – quartz,  $\rho = 2,65 \text{ g/cm}^3$ ; 3 – cassiterite,  $\rho = 6,92 \text{ g/cm}^3$ ; 4 – Galena,  $\rho = 7,65 \text{ g/cm}^3$ ; 5 – gold,  $\rho = 17 \text{ g/cm}^3$

Следовательно, рассматривая процесс распределения осадочного слоя в канале тонкослойного пространства с использованием  $\gamma$ -функции, можно теоретически увязать характеристику исходного питания с позиции обогащения ценного компонента полидис-

персных или полиминеральных гидросмесей на стадии исследования или проектирования подобных устройств, одновременно учиты-

вая кинематические и геометрические параметры аппарата.

### Список литературы

1. Афанасенко С. И., Лазариди А. Н. Золотая жила техногенных отвалов // Золотодобыча. URL: <https://www.zolotodb.ru/articles/technical/10167> (дата обращения: 05.06.2019). Текст: электронный.
2. Замятин О. В. Обогащение золотосодержащих песков на шлюзах. Основные закономерности и технологические возможности процесса // Золотодобыча. URL: <https://www.zolotodb.ru/articles/technical/10789> (дата обращения: 08.06.2019). Текст: электронный.
3. Мязин В. П., Черкасов В. Г. Расширение технологических возможностей тонкослойных аппаратов // Горный журнал. 2006. № 9. С. 61–63.
4. Тихонов О. Н. Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1984. 208 с.
5. Черкасов В. Г. Влияние геометрии потока гидровзвеси на процесс выделения тяжелой фракции ценного компонента при промывке металлоносных песков // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 4. С. 71–77.
6. Barmak I., Gelfgat A. Yu., Ullmann A., Brauner N. Stability of stratified two-phase flows in inclined channels. URL: <https://www.arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1605/1605.05095.pdf> (дата обращения: 25.06.2019). Текст: электронный.
7. Kowalski P. The method of calculations of the sedimentation efficiency in tanks with lamella packets // Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics. 2004. Vol. 51, No. 4. P. 371–385.
8. Lopez J. S., Burgos A. J., Rodriguez P. U. Lamella settling (FS-PRI-004). URL: <http://www.wateractionplan.com/documents/177327/558166/Lamellar+settling.pdf> (дата обращения: 25.05.2019). Текст: электронный.

### References

1. Afanasenko S. I., Lazaridi A. N. *Zolotodobycha* (Gold mining). URL: <https://www.zolotodb.ru/articles/technical/10167> (Date of access: 05.06.2019). Text: electronic.
2. Zamyatin O. V. *Zolotodobycha* (Gold mining). URL: <https://www.zolotodb.ru/articles/technical/10789> (Date of access: 08.06.2019). Text: electronic.
3. Myazin V. P., Cherkasov V. G. *Gornyy zhurnal* (Mining Journal), 2006, no. 9, pp. 61–63.
4. Tikhonov O. N. *Zakonomernosti effektivnogo razdeleniya mineralov v protsessah obogashcheniya poleznykh iskopaemykh* (Patterns of the effective separation of minerals in the processes of mineral processing). Moscow: Nedra, 1984. 208 p.
5. Cherkasov V. G. *Bulletin of the Transbaikalian State University* (Bulletin of the Transbaikalian State University), 2015, no. 4, pp. 71–77.
6. Barmak I., Gelfgat A. Yu., Ullmann A., Brauner N. *Stability of stratified two-phase flows in inclined channels* (Stability of stratified two-phase flows in inclined channels). URL: <https://www.arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1605/1605.05095.pdf> (Date of access: 25.06.2019). Text: electronic.
7. Kowalski P. *Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics* (Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics), 2004, vol. 51, no. 4, pp. 371–385.
8. Lopez J. S., Burgos A. J., Rodriguez P. U. *Lamella settling (FS-PRI-004)* (Lamella settling (FS-PRI-004)). URL: <http://www.wateractionplan.com/documents/177327/558166/Lamellar+settling.pdf> (Date of access: 25.05.2019). Text: electronic.

### Коротко об авторах

Черкасов Валерий Георгиевич, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: машины и аппараты горно-обогатительного производства [cherkasov1948@yandex.ru](mailto:cherkasov1948@yandex.ru)

Авдеев Павел Борисович, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: разработка безопасной технологии и технологических схем повторной разработки месторождений открытым способом [chita-apb@yandex.ru](mailto:chita-apb@yandex.ru)

*Рубцов Юрий Иванович*, д-р техн. наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: физико-химическая геотехнология  
jri.rubtsow@yandex.ru.

#### **Briefly about the authors**

---

*Valery Cherkasov*, doctor of technical sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: mining and processing machinery and equipment  
cherkasov1948@yandex.ru

*Pavel Avdeev*, doctor of technical sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: development of safe technology and technological schemes for re-development of deposits by open-pit mining  
chita-apb@yandex.ru

*Yuriy Rubtsov*, doctor of engineering sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: physical and chemical geotechnologies

#### **Образец цитирования**

---

*Черкасов В. Г., Авдеев П. Б., Рубцов Ю. И. Теоретические основы разделительного процесса полидисперсных и полиминеральных гидросмесей в тонкослойном потоке // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 91–96. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-91-96.*

*Cherkasov V., Avdeev P., Rubtsov Yu. teoretical framework of the separation process of polydisperse and polymineral hydro mixtures in thin-bedded flow // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no.7, pp. 91–96. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-91-96.*

Статья поступила в редакцию: 03.09.2019 г.

Статья принята к публикации: 19.09.2019 г.



УДК 622. 75

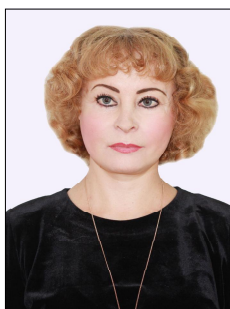
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-97-102

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АППАРАТУРНОГО ПОДХОДА К ПРОЦЕССУ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ МЕТАЛЛОНОСНЫХ ПЕСКОВ НА РОССЫПЯХ

### BASIC PRINCIPLES AND STAGES OF THE HARDWARE-TOUCH APPROACH FORMATION TO THE WATER TREATMENT PROCESS DURING THE EXTENSION OF THE METAL-LAYER SANDS AT THE ALLUVIAL DEPOSITS

**Л. В. Шумилова,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
shumilovfalv@mail.ru

**L. Shumilova,**  
Transbaikal State University,  
Chita



**В. Г. Черкасов,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
cherkasov1948@yandex.ru

**V. Cherkasov,**  
Transbaikal State University,  
Chita



Представлены основные конструкторско-технологические решения по созданию локального цикла водооборота при промывке металлоносных песков на россыпных месторождениях полезных ископаемых. Главным элементом процесса выступает принцип разделения полиминеральной гидравлической смеси в стратифицированном потоке на жидкую и твердую фазы, заложенный в тонкослойных (канальных) аппаратах нового поколения. Проведен анализ существующих схем водооборота при промывке металлоносных песков, дана оценка, выделены недостатки, предложен новый подход к системе обеспечения водой мобильных промывочных комплексов с положительным экологическим результатом на базе аппаратного оформления процесса. Показаны возможные схемы потоков и качественно-количественная характеристика предлагаемых решений применительно к существующим промывочным комплексам. С этой целью рассматривается аппаратная цепь, включающая этап грубой переработки сформированных эфельных хвостов после обогащения металлоносных песков путем их промывки с выделением крупной фракции класса до -1 мм и тонкий процесс выделения твердой фазы уже из суспензии до -0,001 мм. Показаны основные принципы и этапы по формированию экологически чистой технологии водоподготовки на основе использования новых конструктивных решений, в основе которых лежит процесс тонкослойного разделения. Такой аппаратный подход существенно снижает контакт массопотока гидро-смеси с естественной средой, образуя локальную систему водооборота технологической воды. При этом учитываются особенности эксплуатации мобильных обогатительных комплексов, требующих от устройств гибкости технологического процесса с резким сокращением массы конструкции до уровня массы обогатительного комплекса с минимальными энергозатратами. Показаны принципиальные схемы по формированию локальных контуров цикла водоподготовки аппаратным методом на основе использования методов унификации разработанных тонкослойных устройств в виде модулей

**Ключевые слова:** обогатительный комплекс; отстойники; оборотная вода; твердая и жидкая фазы; тонкослойный модуль; локальный контур; процесс; принципы; этапы

The basic design and technological approach to the creation of a local cycle of water circulation during the washing of metal-bearing sand at alluvial deposits of minerals is presented. The main element of the process is the principle of a polymineral hydraulic mixture separation in a stratified flow into a liquid and solid phase, embedded in a thin layer (channel) apparatus of a new generation. An analysis of the existing water circulation schemes during the washing of metal-bearing sands has been carried out, an assessment has been given, shortcomings have been identified, a new approach has been proposed to the system for providing water to mobile washing complexes with a positive environmental result based on the hardware design of the process. The possible

flow patterns and the qualitative and quantitative characteristics of the proposed solutions in relation to existing washing complexes are shown. According to this purpose, a hardware circuit that includes a coarse stage of processing formed dredging tailings from enrichment of metal-bearing sands by washing them with the release of a large fraction of the class to -1 mm fine and the process of separation of the solid phase from the suspension to -0,001 mm are considered. The main principles and stages of development of ecologically pure technologies of water treatment based on the use of new constructive solutions are described, which are based on the process of thin-layer separation. Such an instrumental approach significantly reduces the contact of the mass flow of the slurry with the natural environment, forming a local system of water circulation of the process water. This takes into account the features of the mobile concentrating complexes operation, requiring flexibility of the technological process devices with a sharp reduction in the mass of the structure to the level of the mass of the concentrating complex with minimal energy consumption. Schematic diagrams on formation of local contours of a cycle of water treatment by the hardware method on the basis of unification methods use of the developed thin-layer devices in the form of modules are presented

**Key words:** *concentrating complex; settling tanks; circulating water; solid and liquid phase; thin-layer module; local circuit; process; principles; stages*

При гидромеханизированном процессе обогащения минерального сырья на россыпных месторождениях расходуются огромные объемы технологической воды. Так, при золотодобыче этот показатель составляет в среднем на одну промывочную установку 500...1000 м<sup>3</sup>/ч. Существующая система водоподготовки при замкнутом цикле водооборота базируется на грунтовых отстойниках, запасы воды в которых должны в 5...10 раз превышать суточную потребность обогатительного комплекса (ОК). Следовательно, вместимость этих временно возводимых отстойных сооружений для одного ОК должна составлять не менее 50...100 тыс. м<sup>3</sup>. Такой подход к процессу водоподготовки противоречит современным экологическим требованиям и приводит к значительным затратам на сооружение временных дамб, плотин, руслоотводных каналов, отчуждения земельных угодий и загрязнению прилегающих естественных водотоков.

Замыкание массопотоков на грунтовые отстойники в целом только с экологической точки зрения не позволяет решать выделенную проблему, требуется аппаратный подход. На стационарных горноперерабатывающих предприятиях для этой цели находят применение устройства, действующие на принципе тонкого слоя [1; 2; 5; 8], формируя локальный контур водооборота. Им дают названия «разделители», «осветлители», «сгустители». В дальнейшем примем термин «тонкослойный аппарат» (ТА), объединяющий названные процессы. Однако условия эксплуатации стационарных конструкций ТА в ОК существенно отличаются от усло-

вий работы переставных (передвижных) ОК. Передвижные комплексы требуют от подобных устройств, работающих в сложных условиях приисков, специфического подхода. С позиции построения локального контура водооборота ОК на базе новых технических решений, разработанных в ЗабГУ и испытанных на объектах россыпной металлодобычи, аппаратный метод разделения двухфазной среды (гидросмеси) представляет систему тонкослойных модулей. С целью реализации такого подхода в основу построения технологической цепи водообеспечения ОК заложены методы унификации, принципы и этапы построения системы переработки гидросмеси с учетом особенностей эксплуатации мобильных конструкций.

Рассматривая особенности процесса водоподготовки для мобильных ОК, можно выделить главные подходы или принципы формирования технологической системы аппаратными методами. Во-первых, минимизация оборотной воды по объему без ее контакта с природной средой; во-вторых, в преимуществах условий эксплуатации оборудования, применительно к жестким условиям приисков, а именно – мобильность и автономность конструкции; в-третьих, гибкость технологического процесса разделения гидросмеси без учета специфических особенностей месторождения.

Уже на стадии использования аппаратного метода подготовки технологической воды решается главная задача, что многократно сокращает объемы оборотной воды, формируя локальный контур процесса по выделению твердой фазы из потока гидросме-

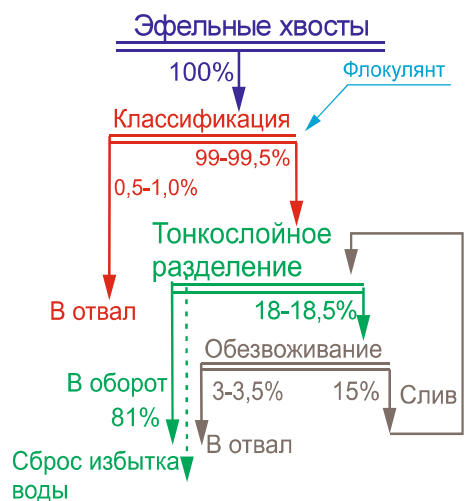
си вне контакта с естественной средой. Мобильность и автономность обезвоживающего устройства достигается снижением удельной массы эксплуатируемой конструкции до уровня массы ОК с одновременной минимизацией энергозатрат. Тонкослойный эффект, заложенный в ТА, – одно из известных технических решений по выделению твердой фазы из гидросмеси, которое полностью соответствует этим требованиям. Использование конструктивных решений, основанных на принципах унификации конструкции (конвертирование, секционирование, компаундирование) придает системе водоподготовки технологическую гибкость.

Если твердая фаза эфельных хвостов на выходе из ОК представлена классом -16 мм, то, учитывая широкий геометрический и минералогический диапазон перерабатываемых песков, весь процесс водоподготовки рационально разбить на три этапа. На первом этапе обезвоживается крупная фракция (-16...+1 мм) с последующим удалением из массопотока. В качестве основного оборудования на этом этапе можно применять широко апробированные скоростные спиральные обезвоживатели типа ОСП, разработанные ИГД ДВО РАН [2].

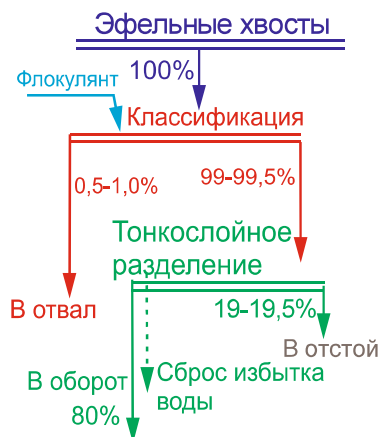
Полученный слив технологической воды на первом этапе обезвоживания эфельных хвостов переходит на второй этап, где удаляется мелкая и тонкая фракция (-1...+0,001 мм). В качестве основного оборудования можно применять ТА, разработанные в ЗабГУ [3; 4]. В этих конструкциях по сравнению с аналогами, используемыми на стационарных обогатительных фабриках, снижена удельная масса и габариты в 6...8 раз, что придает им мобильность в эксплуатации при полном исключении энергозатрат [6; 9; 10]. Новизна таких устройств, выполненных в виде модулей [3], защищена патентами РФ (№ 1692028, 2248848). Промышленные испытания на объектах россыпной металлодобычи (Республика Саха, Забайкалье) показали их высокую эффективность по выделению мелких и тонких частиц из гидросмеси с выходом оборотной технологической воды (до 85 %) с содержанием твердой фазы до 1 г/дм<sup>3</sup> при исходном содержании на входе до 100 г/дм<sup>3</sup>. Предложенные технологические схемы по формированию локальных циклов водообеспечения ОК в экстремальных условиях приисков с использованием этих

устройств представлены на рис. 1 и 2. Кроме того доработанная конструкция ТА [5; 7; 9] в виде модулей позволяет дополнительно извлекать тонкодисперсный ценный компонент из гидросмеси, например, золото, и выполнять функции не только осветлителей и сгустителей, но и работать в качестве обогатительного оборудования. С учетом дополнений путем использования принципов унификации конструкции ТА построена модульная цепь переработки гидросмеси эфельных хвостов, включая этапы обогащения, осветления, сгущения (рис. 3).

К третьему этапу переработки эфельных хвостов следует отнести процесс складирования твердой фазы, который отработан многовековой практикой.



а)



б)

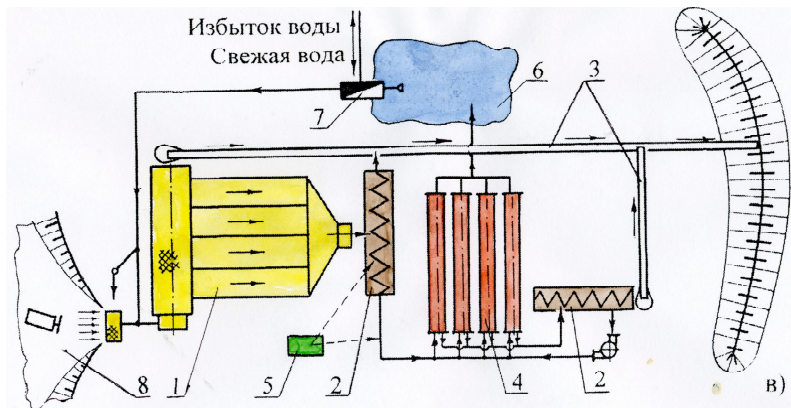


Рис. 1. Технологические схемы переработки эфельных хвостов с локальным контуром массопотоков по полному (а, в) и сокращенному (б) циклам водооборота с расположением оборудования в плане (в): 1 – промывочный комплекс [ОК]; 2 – спиральный обезвоживатель; 3 – ленточный транспортер; 4 – батарея тонкослойных модулей; 5 – реагентная станция; 6 – накопитель технологической воды (зумпф); 7 – насосная; 8 – полигон / Fig. 1. The technological scheme of processing evelny tails with the local contour of mesopotamos in full (a, v) and short (б) cycles of rotation with the location of equipment in the plan (в): 1 – wash complex [OK]; 2 – spiral dehydrator; 3 – belt conveyor; 4 – battery of thin-film modules; 5 – reagent station; 6 – the storage of process water (sump); 7 – pump; 8 – polygon

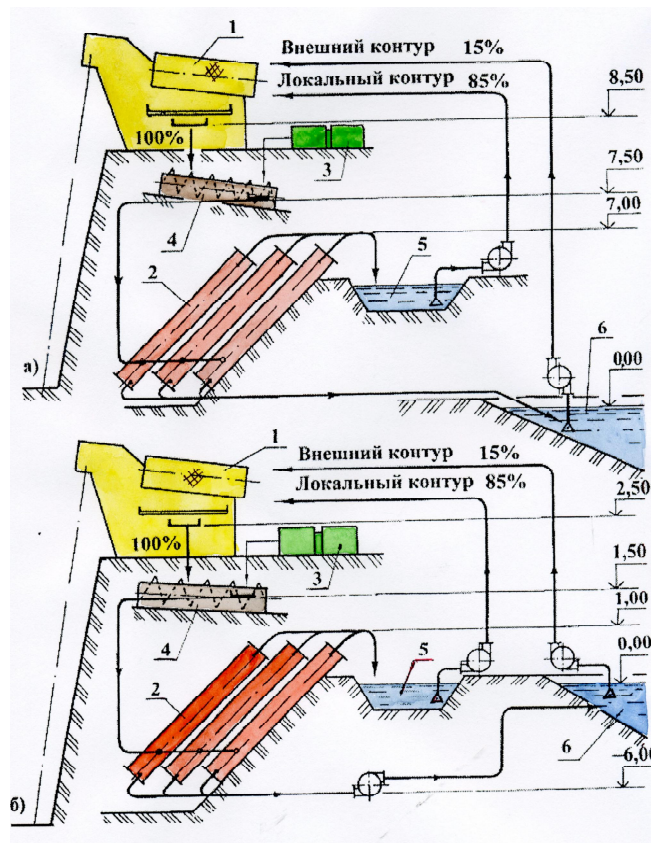


Рис. 2. Установка батареи тонкослойных модулей по рельефу участка промывки песков при нижнем (а) и верхнем (б) положении илохранилища: 1 – промывочный комплекс [ОК]; 2 – батарея тонкослойных модулей; 3 – реагентная станция; 4 – спиральный обезвоживатель; 5 – грунтовый зумпф; 6 – илохранилище / Fig. 2. Battery installation of thin-film modules on the surface of the land is washing sand at the bottom (a) and upper (b) position of johrenia: 1 – wash complex [OK]; 2 – battery of thin-film modules; 3 – reagent station; 4 – spiral dehydrator; 5 – ground sump; 6 – silt deposit



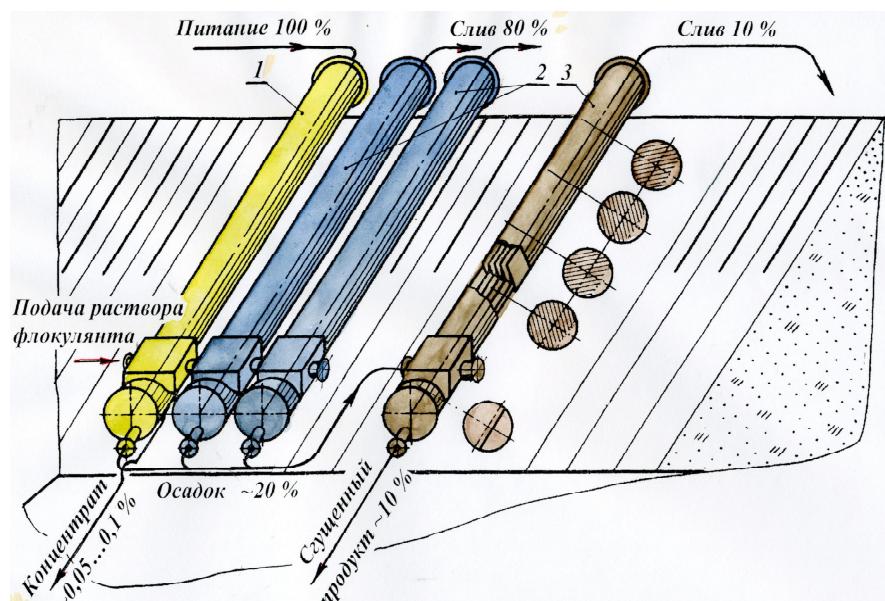


Рис. 3 Вариант соединения тонкослойных аппаратов (модулей) в батарею технологической цепи водоподготовки: 1 – обогатительный модуль, 2 – модуль-осветлитель, 3 – модуль-сгуститель / Fig. 3. A splice variant of the thin-film devices (modules) in the battery process chain of water treatment: 1 – processing module, 2 – module-clarifier, 3 – module-thickener

Таким образом, учитывая, что существующая система водоподготовки на базе использования грунтовых отстойников исчерпала свои потенциальные возможности, представленный аппаратный подход дает перспективу по формированию экологически чистого способа подготовки технологической воды с учетом особенностей эксплуатации мобильных ОК, не нарушая основных требований к

процессу обогащения при промывке металлоносных песков из россыпей. Дальнейшее совершенствование этого подхода позволит вовлечь в переработку мелкие и бедные месторождения, расширив минерально-сырьевую базу, где доля затрат на процесс водоподготовки несопоставима с добычей ценного компонента.

#### Список литературы

1. Бауман А. В. Методика оценки эффективности тонкослойного сгустителя // Обогащение руд. 2015. № 2. С. 36–41.
2. Богданов Е. И. О мобильных агрегатах для обезвоживания хвостов обогащения песков россыпей // Горный журнал. 1989. № 6. С. 49–51.
3. Мязин В. П., Черкасов В. Г. Разработка модулей для конструктивно-аппаратурного оформления систем оборотного водоснабжения транспортно-обоганительных комплексов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № 9. С. 276–281.
4. Мязин В. П., Черкасов В. Г. Разработка систем водооборота для мобильных обогатительных фабрик // Обогащение руд. 2004. № 2. С. 35–37.
5. Черкасов В. Г. Влияние геометрии потока гидровзвеси на процесс выделения тяжелой фракции ценного компонента при промывке металлоносных песков // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 4. С. 71–77.
6. Черкасов В. Г. Конструкторско-технологические решения формирования промывочного комбайна для разработки россыпных месторождений полезных ископаемых // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2016. No. 1. P. 59–63.
7. Черкасов В. Г. Расширение функциональных возможностей тонкослойных (канальных) аппаратов в обогатительных процессах // Обогащение руд. 2017. № 5. С. 42–47.

8. Шевченко А. И. Влияние конструктивных и гидродинамических параметров тонкослойного гидравлического классификатора на эффективность разделения минеральных частиц // Науковий вісник Національного гірничого університету. 2011. № 3. С. 54–58.

9. Kowalski P. The Method of Calculations of the Sedimentation Efficiency in Tanks with Lamella Packets // Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics. 2004. Vol. 51, No. 4. P. 371–385.

10. Lopez J. S., Burgos A. J., Rodriguez P. U. Lamella settling (FS-PRI-004). URL: <http://www.wateractionplan.com/documents/177327/558166/Lamellar+settling.pdf> (дата обращения: 25.03.2019). Текст: электронный.

## References

1. Bauman A. V. *Obogashchenie rud* (Ore dressing), 2015, no. 2, pp. 36–41.
2. Bogdanov E. I. *Gorny zhurnal* (Mining Journal), 1989, no. 6, pp. 49–51.
3. Myazin V. P., Cherkasov V. G. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining Information and Analytical Bulletin), 2005, no. 9, pp. 276–281.
4. Myazin V. P., Cherkasov V. G. *Obogashchenie rud* (Ore beneficiation), 2004, no. 2, pp. 35–37.
5. Cherkasov V. G. *Vestnik Zabayskogo gosudarstvennogo universiteta* (Transbaikal State University Journal), 2015, no. 4, pp. 71–77.
6. Cherkasov V. G. *Journal of Advanced Research in Technical Science* (Journal of Advanced Research in Technical Science), 2016, no. 1, pp. 59–63.
7. Cherkasov V. G. *Obogashchenie rud* (Ore enrichment), 2017, no. 5, pp. 42–47.
8. Shevchenko A. I. *Naukoviy visnik Natsionalnogo gornichogo universitetu* (Science News of the National University of Universities), 2011, no. 3, pp. 54–58.
9. Kowalski P. The Method of Calculations of the Sedimentation Efficiency in Tanks with Lamella Packets // Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics, 2004, vol. 51, no. 4. pp. 371–385.
10. Lopez J. S., Burgos A. J., Rodriguez P. U. *Lamella settling (FS-PRI-004)* (Lamella settling (FS-PRI-004)). URL: <http://www.wateractionplan.com/documents/177327/558166/Lamellar+settling.pdf> (Date of access: 25.03.2019). Text: electronic.

## Коротко об авторах

*Шумилова Лидия Владимировна*, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: нановключения золота, упорные руды и техногенные месторождения, наилучшие доступные технологии, химическое и бактериальное выщелачивание, рентгенорадиометрическая сепарация [shumilovfalv@mail.ru](mailto:shumilovfalv@mail.ru)

*Черкасов Валерий Георгиевич*, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: машины и аппараты горно-обогатительного производства [cherkasov1948@yandex.ru](mailto:cherkasov1948@yandex.ru)

## Briefly about the authors

*Lydia Shumilova*, doctor of technical sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: gold inclusions, refractory ores and industrial deposits, best available technologies, chemical and bacterial leaching, X-ray radiometric separation

*Valery Cherkasov*, doctor of technical sciences, professor, Materials Resistance and Mechanics department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: machines and equipment for mining and processing

## Образец цитирования

*Шумилова Л. В., Черкасов В. Г. Основные принципы и этапы формирования аппаратурного подхода к процессу водоподготовки при обогащении металлоносных песков на россыпях // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 97–102. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-97-102.*

*Shumilova L., Cherkasov V. Basic principles and stages of the hardware-touch approach formation to the water treatment process during the extension of the metal-layer sands on the alluvial deposits // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no. 7, pp. 97–102. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-97-102.*

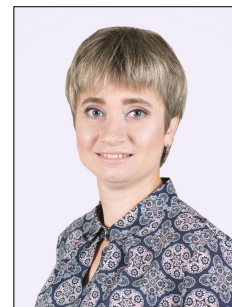
Статья поступила в редакцию: 02.09.2019 г.  
Статья принята к публикации: 23.09.2019 г.

## ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОЛИЦИИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ОЦЕНКАХ ОБЩЕСТВЕННОСТИ (НА МАТЕРИАЛАХ РЕГИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ)

### ACTIVITIES OF THE POLICE IN THE KEMEROVO REGION AS ASSESSED BY THE PUBLIC (CASE OF A REGIONAL RESEARCH)

**Е. В. Матвеева**, Кемеровский государственный университет, г. Кемерово  
mev.matveeva@yandex.ru

**E. Matveeva**, Kemerovo State University, Kemerovo



В рамках статьи проведён анализ общественных настроений в отношении оценки деятельности института полиции как структурного подразделения органов внутренних дел на примере Кемеровской области. В работе использован широкий круг источников – нормативно-правовые документы, данные официальной статистики, результаты региональных исследований по проблемам деятельности органов внутренних дел, а также данные проведённого исследования в муниципальных образованиях Кемеровской области. Отмечено, что большая часть социологических опросов на предмет выявления общественных настроений в отношении сотрудников внутренних дел проводится в регионах Центрального и Приволжского федерального округов при практически полном отсутствии систематической работы по изучению данной проблемы в субъектах Сибирского федерального округа, особенно в Кемеровской области. В то же время автор отмечает, что потребность в изучении общественных настроений населения Кемеровской области в отношении органов внутренних дел только возрастает, о чём свидетельствует наличие преступности и правонарушений. Несмотря на существование определённых проблем, выявленных в результате проведённого исследования, нельзя отрицать имеющиеся положительные тенденции в работе сотрудников полиции Кемеровской области. В их числе преобладание положительных оценок среди населения в вопросе защиты личной и имущественной безопасности, положительная динамика в использовании технических средств, достаточно высокий уровень положительных отзывов на скорость реагирования оперативных служб. В то же время нельзя игнорировать такую проблему, достаточно важную в системе правоохранительной деятельности, как крайне низкая удовлетворённость граждан результатами обращений в полицию. Проведённое исследование в Кемеровской области в целом продемонстрировало положительную направленность работы сотрудников полиции, что, в частности, можно связывать не только с принятием в 2011 г. Федерального закона о полиции, но и непосредственно с результатами ежедневной работы сотрудников ведомства по обеспечению безопасности граждан. В качестве рекомендаций показана необходимость провести дальнейшие социологические исследования по оценке результатов деятельности полиции, а также рекомендован учёт полученных результатов работы Общественного совета при ГУ МВД России по Кемеровской области и повседневной работы сотрудников органов внутренних дел.

**Ключевые слова:** общество; общественные настроения; органы внутренних дел как государственный институт; институт полиции; регион; региональная политика; региональный общественно-политический процесс; стабильность регионального развития; социологические исследования; Кемеровская область

The article analyzes public sentiments regarding the assessment of the police institute activities as a subdivision of the internal affairs agencies based on the case of Kemerovo Region. The study was conducted involving a wide range of sources – regulatory documents, official statistics, results of regional studies in the activities of the internal affairs agencies, as well as the data obtained as a result of studies in municipal units of Kemerovo

Region. It was found that most of the surveys to identify public sentiments regarding internal affairs officers were conducted in the regions of the Central and Volga Federal Districts with almost complete lack of systematic work to study this issue in the regions of the Siberian Federal District, particularly, in Kemerovo Region. At the same time, the author notes that the need to study the public sentiment of Kemerovo Region's population in relation to internal affairs agencies is growing, which is evidenced by the crime and delinquency rates. Despite the existence of certain problems identified in this study, positive trends in the work of police officers in Kemerovo Region cannot be denied. Such positive signs include the prevalence of positive assessments by the population regarding the protection of personal and property security, positive dynamics in the use of technical means, a rather high level of positive feedback among the population on the increase in response speed of field services. At the same time, one cannot ignore the problem of the extremely low satisfaction of citizens with the results of appeals to the police, which is quite essential for the law enforcement. A study in Kemerovo Region as a whole showed positive trends in the work of police officers, which can be associated not only with the adoption of the Federal Law on Police in 2011, in particular, but also directly with the results of the daily work of the subdivision's staff to ensure the safety of citizens. The resulting recommendations include the need for further sociological research to assess the results of police activities. Besides, it is desirable that the results be taken into account in the work of the Public Council at the Main Directorate of the Russian Ministry of Internal Affairs for Kemerovo Region and in the daily work of the staff internal affairs agencies.

**Key words:** society; public mood; bodies of internal affairs as a public institution; police Institute; region; regional policy; regional social-political process; the stability of regional development; sociological research; Kemerovo region

**В**ведение. Обострение в обществе социальных проблем и рисков социального напряжения [16], выражающихся, с одной стороны, в падении доверия населения к органам государственной власти и органам внутренней безопасности, с другой – в увеличении количества новых вызовов человеческой цивилизации в виде экстремистских проявлений и росте криминологической ситуации, оказывает непосредственное воздействие на общественные настроения [3]. В исследовании основное внимание уделено такому подразделению органов внутренних дел, как полиция. Деятельность именно этого института в наибольшей степени способствует формированию у населения положительного или отрицательного образа сотрудника органов внутренних дел [14. С. 48] и оказывает непосредственное воздействие на имидж всех структурных управлений ГУ МВД России по Кемеровской области и в целом по России.

*Цель исследования* – на основе результатов проведённого социологического опроса выявить общественные настроения среди населения городских округов и муниципальных районов Кемеровской области, определить основные проблемы и имеющиеся положительные тенденции в деятельности органов внутренних дел и их подразделения – полиции Кузбасса.

*Методология и методика исследования.* При проведении исследования на предмет выявления качественных показателей рабо-

ты полиции в Кемеровской области нашли применение системный и институциональный подходы. В работе использованы результаты социологического опроса, выполненного по заказу ГУ МВД России по Кемеровской области исследовательским коллективом, включающим учёных Кемеровского государственного университета и экспертов Фонда «Сибирская политика».

*Результаты исследования и их обсуждение.* Точкой перехода от практически полного безразличия к изучению вопросов, связанных с деятельностью полиции как структурного подразделения МВД России, к осознанию необходимости изучения и осмысления происходящих процессов (как в самой структуре, так и в оценках её работы населением) можно считать принятие 7 февраля 2011 г. Федерального закона № 3-ФЗ «О полиции». В то же время, следует отметить, что исследования, посвящённые оценке эффективности деятельности органов внутренних дел, проводились ещё в советский период.

Необходимость изучения общественно-го мнения о работе полиции и уровня доверия к ней со стороны населения обусловлена несколькими причинами:

– во-первых, укрепление авторитета органов внутренних дел (в частности полиции) среди населения и повышение степени субъективной защищённости граждан от преступных посягательств оказывают непо-



средственное влияние на имидж сотрудников правоохранительных структур;

– во-вторых, положительное общественное мнение благотворно влияет на результативность деятельности сотрудников полиции, так как в значительной степени формирует атмосферу сотрудничества граждан с полицией [13. С. 189], что не в последнюю очередь способствует профилактике и раскрываемости преступлений;

– в-третьих, отношение населения к сотрудникам внутренних дел в определённой степени является следствием уровня развития гражданского общества, и напрямую зависит от качественной составляющей привлечения и участия экспертного сообщества и общественников в решении правоохранительных вопросов, в том числе через такой институт общественного контроля, как Общественный совет. Превращение Общественных советов, созданных при ГУ МВД России на региональном уровне, в реальный инструмент обсуждения и участие в принятии решений по вопросам борьбы с правонарушениями может стать серьёзной основой для укрепления имиджа сотрудника полиции и повышения статуса ведомства среди населения [8; 9; 12].

Следует отметить, что на общественное мнение о работе органов внутренних дел также оказывают влияние внутренние (личные качества сотрудника полиции, качества, полученные в процессе обучения) и внешние факторы (информационное пространство о деятельности полиции – слухи, рассказы знакомых, публикации в СМИ и интернете) [11. С. 80].

В настоящее время проблематика изучения общественных настроений населения в региональном формате, несмотря на свою значимость, пока не находит широкого применения. Чаще всего подобные исследования становятся возможными в силу соединения двух компонентов – наличия в регионе экспертов-социологов и заинтересованности руководства МВД России в проведении подобного анализа по повышению рейтинга ведомства среди других регионов России и формировании положительных настроений в оценке работы своих сотрудников в самом регионе. В числе отдельных исследований, затрагивающих вопросы оценки работы органов внутренних дел, наибольшая часть рассматривает вопросы изучения обществен-

ного мнения в региональном пространстве (например, в Волгоградской и Нижегородской областях) [1; 2; 5], проблемы виктимизации населения [4, С. 176], общественного сознания как сферы массового сознания и элемента структуры правоохранительной коммуникации [10], обеспечение правопорядка и безопасности [6; 7].

В Кемеровской области изучение общественных настроений проводится уже второй год политологами и социологами Кемеровского государственного университета совместно с экспертами Фонда «Сибирская политика» по заказу ГУ МВД России по Кемеровской области [15]. В июне–июле 2019 г. проведён социологический опрос, основной целью которого стало изучение общественных настроений населения Кемеровской области в отношении деятельности органов внутренних дел (полиции). В исследовании приняли участие 700 респондентов из городских округов (Кемерово, Новокузнецк, Ленинск-Кузнецкий, Анжеро-Судженск, Полысаево, Тайга, Киселевск) и муниципальных районов (Марининский, Яйский, Тисульский, Чебулинский, Крапивинский) Кемеровской области. По гендерному признаку 37,4 % составили мужчины и 62,6 % – женщины. Опрос проводился в четырёх возрастных группах (18–24 года – 30,4 %, 25–39 лет – 32 %, 40–54 года – 24,6 %, 55 лет и старше – 13 %). По сферам занятости респонденты представлены следующими группами: студенты (21,7 %), безработные (11,4 %), работники бюджетной сферы (47,5 %), предприниматели (7,7 %), пенсионеры (11,7 %).

Одним из признаков эффективности работы сотрудников внутренних дел в целом и полиции, в частности, выступает оценка такого критерия, как уверенность граждан в защищённости своих личных и имущественных интересов от преступных посягательств. При этом речь идёт об определённом уровне социального спокойствия и благополучия, который обеспечивается сотрудниками полиции, гарантируется нормативно-правовой базой государства и придаёт каждому индивиду в обществе уверенность, что он обеспечен равными правами с другими гражданами, всегда находится под защитой органов внутренней безопасности, а в случае нарушения его прав может обратиться в полицию или другие подразделения органов внутренних дел.

На вопрос «По Вашему мнению, жить в Вашем городе (районе) в последние год–два стало опаснее или безопаснее» только каждый четвёртый респондент (23,2 %) полностью уверен в безопасности в месте своего постоянного проживания; ещё чуть больше 27,4 % дали ответ, что жить стало «опаснее», 38,1 % – считают, что жить стало «скорее безопаснее» и 27,4 % – «скорее опаснее». Подобное распределение ответов респондентов говорит о том, что население Кузбасса не может чувствовать себя полностью защищённым органами внутренних дел и многое на данный момент зависит от места проживания и работы сотрудников полиции (прежде всего оперативности реакции на обращение граждан).

Наряду с оценкой уверенности граждан в защищённости своих личных и имущественных интересов от преступных посяга-

тельств критерием оценки работы органов внутренних дел выступает уровень доверия населения к полиции в вопросах обеспечения личной и имущественной безопасности.

На вопрос «Как Вы в целом оцениваете работу полиции в Вашем регионе по защите Вашей личной и имущественной безопасности» 22,6 % дали ответ «в целом положительно», 33,1 % – «скорее положительно, чем отрицательно», что в сумме составило более половины ответов – 55,7 % (табл. 1). Отрицательную оценку выразили лишь 16,0 %. В то же время достаточно большой оказалась доля затруднившихся с ответом – 28,0 %, что можно объяснить аполитичным и безразличным отношением к государственным институтам (в частности органам внутренних дел), незнанием реальной ситуации, отсутствием опыта по данному вопросу и другими причинами.

Таблица 1 / Table 1

*Оценка работы полиции в регионе по защите личной и имущественной безопасности / Assessment of police effects aimed at protecting personal and property security in the region*

<b>Варианты ответов / Answer options</b>	<b>Количество ответов, % / Number of answers, %</b>
В целом положительно / Overall positive	22,6
Скорее положительно, чем отрицательно / More positive than negative	33,1
Отрицательно / Negative	16,0
Затрудняюсь ответить / Difficult to answer	28,0

Схожая ситуация наблюдается в рамках оценки респондентами другого вопроса, уточняющего предыдущий. На вопрос «Насколько Вы доверяете полиции в обеспечении Вашей личной и имущественной безопасно-

сти» 23,7 % ответили «в целом доверяю», 40,7 % – «скорее доверяю», 25,1% – «скорее не доверяю», 10,5 % – «в целом не доверяю» (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

*Уровень доверия полиции в обеспечении личной и имущественной безопасности / The level of trust to the police in ensuring personal and property security*

<b>Варианты ответов/Answer options</b>	<b>Количество ответов, % / Number of answers, %</b>
В целом доверяю / Trust in general	23,7
Скорее доверяю / Rather trust than not	40,7
Скорее не доверяю / Rather not trust	25,1
В целом не доверяю / Not trust in general	10,5

В данном случае мы видим, что уровень доверия к полиции в обеспечении личной и имущественной безопасности, в отличие от оценки в целом работы полиции, ещё более убедителен, так как при соединении положительных ответов «в целом доверяю» и «скорее доверяю» даёт в сумме 60,4 %.

Полученные результаты свидетельствуют о в целом положительных тенденциях в развитии института полиции и демонстрируют, что, несмотря на определённые сложности, дававшие о себе знать до реформы 2011 г. (высокий рост преступности, неуважительное отношение к закону и, как следствие, его нарушение) органы внутренних дел в Кузбассе занимают вполне достойную нишу с системе безопасности государства и имеют неплохой рейтинг среди других региональных и федеральных институтов.

В то же время противоречия в таких параметрах оценки как уверенность населения в обеспечении личной и имущественной безопасности и уровень доверия к органам внутренних дел в обеспечении личной и иму-

щественной безопасности скорее всего свидетельствуют, что первый параметр оценивается респондентами достаточно широко и в расчёт берётся работа не только полиции, но и других подразделений и ведомств внутренних дел.

Эффективность работы полиции оценивалась в опросе при изучении степени значимости источников, на основании которых респонденты делали оценку работы полиции, а также при анализе форм работы с населением, которые оказываются более востребованными и соответственно более эффективными.

На вопрос «На основании каких источников оцениваете работу полиции» самыми частыми ответами стали: «отзывы друзей, знакомых» (48,4 %), «местные СМИ» (36,6 %), «интернет (социальные сети)» (36,0 %). Менее популярными – «личный опыт (свидетель, потерпевший и т. д.)» – 33,6 %, «центральные СМИ» – 25,9 %, «кинофильмы, сериалы о полиции» – 10,1 % (табл. 3).

Таблица 3/ Table 3

Анализ основных источников работы полиции / Analysis of the main sources of police work

Варианты ответов/Answer options	Количество ответов, %/ Number of answers, %
Отзывы друзей, знакомых / Reviews of friends, acquaintances	48,4
Личный опыт (свидетель, потерпевший и т. д.) / Personal experience (witness, victim, etc.)	33,6
Центральные СМИ / Central media	25,9
Местные СМИ / Local media	36,6
Интернет (социальные сети) / Internet (social networks)	36,0
Кинофильмы, сериалы о полиции / Movies, Police Series	10,1

На вопрос «Что влияет на ощущение Вашей безопасности» наиболее популярными стали следующие ответы – «скорость реагирования оперативных служб» (44 %), «использование технических средств (видеокамер, «тревожных кнопок»)» (38,1 %), «количество патрульных нарядов в общественных местах» (37,4 %). Далее с небольшим отрывом идут: «работа участковых» – 36,6 %, «контроль за лицами, вышедшими из мест лишения свободы» – 32,7 %, «повышение служебной дисциплины в органах внутренних дел» – 24,1 %, «профилактическая работа в СМИ» – 10,9 % (табл. 4).

Полученные ответы, во-первых, ставят акценты в вопросе за какими источниками информации и формами работы респонденты видят перспективы развития в работе органов внутренних дел и возлагают на них особые надежды. Во-вторых, подобный выбор и главное представленные результаты свидетельствуют о том, что сотрудникам полиции и самому ведомству необходимо усилить работу как по ответам лидерам, так и по менее «привлекательным», по мнению респондентов, вариантам ответов. Дело в том, что нельзя говорить, что население делает весьма убедительный выбор, так как ни один

из ответов не получил более 50 % поддержки. Наиболее близко к этому подошли вариант ответа с источником информации «отзывы друзей, знакомых» (48,4 %), а на ощущение безопасности влияет больше всего «скорость реагирования оперативных служб» (44 %),

что явно недостаточно в условиях дальнейшего социального расслоения населения, падения реальных доходов населения и, как следствие данных процессов, возможного всплеска правонарушений (краж, грабежей, убийств и т. д.).

Таблица 4 / Table 4

*Анализ влияния направлений работы полиции на ощущение безопасности / Analysis of various fields impact of police work on the sense of security*

<b>Варианты ответов / Answer options</b>	<b>Количество ответов, % / Number of answers, %</b>
Количество патрульных нарядов в общественных местах / The number of patrol squads in public places	37,4
Работа участковых / Work of district police officers	36,6
Контроль над лицами, вышедшими из мест лишения свободы / Control over persons released from prison	32,7
Повышение служебной дисциплины в органах внутренних дел / Improving official discipline in internal affairs bodies	24,1
Скорость реагирования оперативных служб / Operational Services Response Speed	44,0
Использование технических средств (видеокамер, «тревожных кнопок») / Use of technical means (cameras, «alarm buttons»)	38,1
Профилактическая работа в СМИ / Preventive work in the media	10,9

Серьёзной проблемой современного общества является вопрос о реальной ситуации с уровнем преступности в государстве или конкретном регионе, что привело к появлению специального термина в современной теории и практике – «латентная (скрытая) преступность». На сегодняшний день можно однозначно сказать лишь то, что по разным причинам не все преступления регистрируются, что позволяет учёным выделять несколько разновидностей латентной преступности: искусственная (по субъективным причинам, исходящим от правоохранителей, преступления не регистрируются), естественная (правоохранители не знают и не могут по объективным причинам знать о преступлении) и пограничная (случаи неполной информированности о преступлении, например, ложные показания).

В рамках опроса выявлено, что лишь 11,3 % респондентов подвергались преступным посягательствам со стороны преступников, из них лишь 88,3 % обращались в полицию, что говорит об определённом уровне степени доверия или недоверия к органам внутренних дел и подтверждает сложность анализа данной проблемы в силу

наличия отмеченной ранее латентной преступности.

В то же время в современных условиях полное устранение латентной преступности не представляется возможным, однако для контроля и борьбы с ней необходимо осуществлять постоянное измерение уровня латентных преступлений и степени подверженности преступным посягательствам различных групп населения с учётом территориально-поселенческих, гендерно-возрастных и иных особенностей жертв преступлений.

Более пристального внимания заслуживает проблема степени удовлетворённости населением мерами, принятыми полицией по итогам обращения. Лишь 12,9 % из обратившихся «удовлетворены полностью», 27,1 % – «удовлетворены частично», 8,6 % – «затруднились ответить» и достаточно большая группа, составившая более половины обратившихся, остались «не удовлетворёнными» результатами обращения – 51,4 %. Данные показатели требуют более тщательного анализа через проведение отдельных исследований, так как необходимо понимать, какие факторы субъективного или объективного характера оказываются доминирующими

ми в формулировании населением подобных оценок и что можно сделать для улучшения показателей удовлетворённости, которые, как и все рассмотренные вопросы, оказывают воздействие на имидж сотрудника полиции.

**Выводы.** Проведённое исследование позволило выявить наиболее «слабые» стороны и имеющиеся положительные тенденции в развитии полиции как подразделения органов внутренних дел и государственного института. В частности, необходимо продолжить работу по формированию чувства уверенности граждан в защищённости своих личных и имущественных интересов от преступных посягательств; уделять большее внимание обращениям граждан и степени удовлетворённости населения мерами, принятыми полицией по итогам обращений; продолжить работу в СМИ и интернете как ключевых источниках получения информации населением о работе полиции. Наконец, нельзя игнорировать такие направления работы полиции, как работа участковых и па-

трульных нарядов в общественных местах, контроль над лицами, вышедшими из мест лишения свободы, повышение служебной дисциплины в органах внутренних дел и т. д. Среди положительных тенденций отметим преобладание позитивных мнений над отрицательными в оценке работы полиции по вопросу защиты личной и имущественной безопасности населения, доминирование положительных отзывов родственников и знакомых о работе полиции, использование технических средств. В качестве рекомендаций к дальнейшей работе ГУ МВД России по Кемеровской области следует отметить необходимость проведения ежегодных социологических опросов с учётом дальнейшего совершенствования их методик, также следует принимать во внимание результаты исследований в работе Общественного совета при ГУ МВД России по Кемеровской области, а лучшие практики внедрять в повседневную деятельность сотрудников органов внутренних дел.

### Список литературы

1. Алексеева А. П. Деятельность полиции Волгоградской области в оценках общественности // Актуальные проблемы экономики и права. 2015. № 4. С. 16–25.
2. Алексеева А. П., Зуева О. В., Иванов А. С., Кривошеин П. К. Мониторинг общественного мнения как способ оценки деятельности российской полиции // Вестник Волгоградской академии МВД России. 2015. № 4. С. 50–57.
3. Гафуров Д. А., Мирзوماдов Ф. Х. Administrative jurisdiction of the internal affairs bodies // Труды Академии МВД Республики Таджикистан. 2015. № 2. С. 151–154.
4. Глухова А. А., Иудин А. А., Шпилев Д. А. Опыт измерения уровня виктимизации населения Нижегородского региона // Актуальные проблемы экономики и права. 2016. Т. 10. № 3. С. 175–186.
5. Глухова А. А., Иудин А. А., Шпилев Д. А. Отношение к полиции представителей разных социально-демографических групп населения (по материалам Нижегородского региона) // Регионоведение. 2018. Т. 26, № 2. С. 384–407.
6. Глухова А. А., Иудин А. А., Шпилев Д. А. Оценка гражданами состояния правопорядка и уровня безопасности в мегаполисе: результаты криминологического мониторинга // Актуальные проблемы экономики и права. 2018. Т. 12, № 3. С. 569–593.
7. Глухова А. А., Иудин А. А., Шпилев Д. А. Оценка гражданами уровня доверия полиции и защищённости от преступных посягательств // Актуальные проблемы экономики и права. 2017. Т. 11, № 3. С. 56–80.
8. Демидов Н. Н. Общественный контроль за деятельностью полиции глазами населения и средств массовой информации // Вестник Волгоградской академии МВД России. 2018. № 4. С. 14–20.
9. Демидов Н. Н. Российский опыт контроля общества за деятельностью полиции: региональный аспект (по результатам социологических исследований) // Вестник Волгоградской академии МВД России. 2017. № 4. С. 22–27.
10. Дрючина И. Н. Общественное сознание как элемент структуры правоохранительной коммуникации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Экономика. Социология. Менеджмент». 2016. № 2. С. 197–204.

11. Зуева О. В., Демидов Н. Н. Влияние СМИ на оценку эффективности деятельности полиции (по результатам социологических исследований) // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 7. Философия. Социология и социальные технологии. 2016. № 3. С. 79–84.
12. Майоров В. И., Севрюгин В. Е. Противодействие преступности на основе современных концепций взаимодействия полиции и общества: опыт зарубежных стран и России // Вестник Пермского университета. Юридические науки. 2017. № 35. С. 95–106.
13. Скляр А. С. Социальное партнёрство полиции и общества как принцип социокультурного реформирования и совершенствования правоохранительной деятельности // Общество и право. 2018. № 4. С. 189–193.
14. Ушакова О. В. Фактор обеспечения общественной безопасности граждан как основа для формирования положительного образа сотрудника полиции // Теория и практика общественного развития. 2017. № 12. С. 48–50.
15. Эксперты Фонда «Сибирская политика» представили аналитический отчёт о работе органов внутренних дел в Кемеровской области. URL: <http://www.sp.expert/vizit/eksperty-fonda-sibirskaya-politika-predstavili-analiticheskiy-otchyot-o-rabote-organov-vnutrennikh-d> (дата обращения: 04.06.2019). Текст: электронный.
16. Yanitsky O. Modern networks and infrastructures in light of the risk-society theory // Мир России. Социология. Этнология. 2016. Т. 25, № 3. С. 37–55.

## References

1. Alekseeva A.P. *Aktualnye problem ekonomiki i prava* (Actual problems of economics and law), 2015, no. 4, pp. 16–25.
2. Alekseeva A. P., Zueva O. V., Ivanov A. S., Krivoshein P. K. *Vestnik Volgogradskoy akademii MVD Rossii* (Bulletin of the Volgograd Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia), 2015, no. 4, pp. 50–57.
3. Gafurov D. A., Mirzomadov F. Kh. *Trudy Akademii MVD Respubliki Tadjikistan* (Proceedings of the Academy of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Tajikistan), 2015, no. 2, pp. 151–154.
4. Glukhova A. A., Iudin A. A., Shpilev D. A. *Aktualnye problem ekonomiki i prava* (Actual problems of economics and law), 2016, vol. 10, no. 3, pp. 175–186.
5. Glukhova A. A., Iudin A. A., Shpilev D. A. *Regionologiya* (Regionology), 2018, vol. 26, no. 2, pp. 384–407.
6. Glukhova A. A., Iudin A. A., Shpilev D. A. *Aktualnye problemy ekonomiki i prava* (Actual problems of Economics and Law), 2018, vol. 12, no. 3, pp. 569–593.
7. Glukhova A. A., Iudin A. A., Shpilev D. A. *Aktualnye problem ekonomiki i prava* (Actual problems of economics and law), 2017, vol. 11, no. 3, pp. 56–80.
8. Demidov N. N. *Vestnik Volgogradskoy akademii MVD Rossii* (Bulletin of the Volgograd Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia), 2018, no. 4, pp. 14–20.
9. Demidov N. N. *Vestnik Volgogradskoy akademii MVD Rossii* (Bulletin of the Volgograd Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia), 2017, no. 4, pp. 22–27.
10. Dryuchina I. N. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment"* (Bulletin of the Southwestern State University. Series "Economics. Sociology. Management"), 2016, no. 2, pp. 197–204.
11. Zueva O. V., Demidov N. N. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 7. Filosofiya. Sotsiologiya i sotsialnye tekhnologii* (Bulletin of the Volgograd State University. Series 7. Philosophy. Sociology and social technology), 2016, no. 3, pp. 79–84.
12. Mayorov V. I., Sevryugin V. E. *Vestnik Permskogo universiteta. Yuridicheskie nauki* (Bulletin of Perm University. Jurisprudence), 2017, no. 35, pp. 95–106.
13. Sklyarov A. S. *Obshchestvo i pravo* (Society and Law), 2018, no. 4, pp. 189–193.
14. Ushakova O. V. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* (Theory and practice of social development), 2017, no 12, pp. 48-50.
15. *Eksperty Fonda "Sibirskaya politika" predstavili analiticheskiy otchyot o rabote organov vnutrennikh del v Kemerovskoy oblasti* (Experts of the Siberian Politics Foundation presented an analytical report on the work of the internal affairs bodies in the Kemerovo region). URL: <http://www.sp.expert/vizit/eksperty-fonda-sibirskaya-politika-predstavili-analiticheskiy-otchyot-o-rabote-organov-vnutrennikh-d> (Date of access: 04.06.2019). Text: electronic.
16. Yanitsky O. *World of Russia. Sociology. Ethnology* (World of Russia. Sociology. Ethnology), 2016, vol. 25, no. 3, pp. 37–55

**Коротко об авторе****Briefly about the author**

*Матвеева Елена Викторовна*, д-р полит. наук, доцент, профессор кафедры философии и общественных наук, Институт истории и международных отношений, Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия. Область научных интересов: региональный политический процесс, местное самоуправление и развитие, гражданское общество, общественных контроль  
mev.matveeva@yandex.ru

*Elena Matveeva*, doctor of political sciences, associate professor, professor, Philosophy and Social Sciences department, Institute of history and international relations, Kemerovo state University, Kemerovo, Russia. Sphere of scientific interest: regional political process, local self-government and development, civil society, public control

**Образец цитирования**

*Матвеева Е. В. Деятельность полиции Кемеровской области в оценках общественности (на материалах регионального исследования) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 103–111. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-103-111.*

*Matveeva E. Activities of the police in the Kemerovo region as assessed by the public (case of a regional research) // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no. 7, pp. 103–111. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-103-111.*

Статья поступила в редакцию: 18.08.2019 г.

Статья принята к публикации: 03.09.2019 г.

УДК 32.019.5

DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-112-119

## ФОРМИРОВАНИЕ ЛИЧНОСТИ В РАМКАХ РЕГИОНАЛЬНОГО ПОЛИТИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

### FORMATION OF PERSONALITY IN THE FRAMEWORK OF REGIONAL POLITICAL SPACE: METHODOLOGICAL ASPECT



**Н. Д. Тертешникова,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
tertshnikova-n@mail.ru

**N. Tertshnikova,**  
Transbaikal State University,  
Chita



**А. А. Жукова,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
kazarbina\_a@mail.ru

**A. Zhukova,**  
Transbaikal State University,  
Chita



**И. В. Романова,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
ilromanova2010@yandex.ru

**I. Romanova,**  
Transbaikal State University,  
Chita



**Т. В. Бернюкевич,**  
Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет,  
г. Москва  
bernyukevich@inbox.ru

**T. Bernyukevich,**  
National Research Moscow State  
University of Civil Engineering,  
Moscow

**Д**ан анализ методологии исследования влияния региональной культуры на личность. С точки зрения авторов, состоявшаяся личность характеризуется наличием языковой, когнитивной и духовной культуры. Как доказано в статье, региональная культура задает личности определенный способ видения и узнавания мира. Соответственно становление личности зависит от адекватного отражения в сознании человека географической, исторической и культурной локализации сообщества, к которому он принадлежит. На становление личности влияют как региональные обстоятельства, так и факторы, связанные с внешним культурным влиянием. Однако сложность описания процессов становления личности в пространстве региональной культуры заключается в его двойственности, так как оно представляет собой одновременно пространственную сферу существования и сферу самовосприятия человека, которая касается его субъективных, глубоко личностных переживаний. В этом контексте, региональная культура представляется как инструмент становления и развития человека. Под этим термином философия культуры имеет в виду итог осознанной культурной эволюции, сформированный в каждом отдельном регионе в целях сохранения человечества в условиях стремительных общественных трансформаций, вызванных последствиями глобальных экономических, технологических, экологических проблем современности. При этом признается, что в то время как региональная культура является основанием становления человека, человек сам формирует и развивает культуру региона

**Ключевые слова:** культурное пространство; пространство культуры; культура региона; региональная культура; личность; факторы влияния культуры; методология исследования; научные подходы; идеалы; ценности

**T**he article analyzes the research methodology of the regional culture influence on personality. From the point of view of the authors, a successful person is characterized by the presence, language, culture, cognitive culture and spiritual culture. As the article proves, regional culture defines personality as a certain way of seeing and knowing the world. Accordingly, personality formation depends on adequate reflection in human consciousness



of the geographical, historical and cultural localization of the community to which he belongs. Regional circumstances as well as factors related to external cultural influence have an impact on the formation of personality. However, the complexity of identity formation processes' description in the space of regional culture lies in its duality, as it represents both the spatial field of existence and the sphere of self-perception of a person which concerns his subjective, deeply personal experiences. In this context, regional culture is presented as a tool of formation and human development. This term philosophy of culture refers to the result of a conscious cultural evolution formed in each region in order to preserve humanity in the face of rapid social transformations caused by the impact of the global economic, technological and environmental problems of our time. However, it is recognized that while the regional culture is the basis of human evolution, man himself creates and develops the culture of the region

**Key words:** *cultural space; space culture; culture of the region; regional culture; personality; influence factors of culture*

**В**ведение. Вопрос о сущности и динамике культурных трансформаций, оказывающих влияние на становление личности, в различных регионах возник в связи с осознанием того, что население мира состоит из людей, относящихся к разным культурам, которые встречаются в конкретном пространстве, где происходит процесс становления личности, подверженный влиянию не абстрактных и трансцендентных сил, а реальных локальных условий.

*Степень разработанности.* Исследователи феномена личности (И. С. Кон, Дж. Келли, В. А. Ядов), отмечают, что понятие это многозначно и многоаспектно. Сущность личности человека рассматривается как комплекс явлений, в систему которого входят общечеловеческие, индивидуальные, определяемые спецификой культуры, и частные, зависящие от субъективных оснований каждой личности. При этом личность отличают не только внешние характеристики, но и то, что в психологической литературе личность понимается (С. Л. Рубинштейн, А. В. Брушлинский, А. В. Петровский и др.) как субъект, способный к изменению мира и самого себя [17].

*Методология исследования.* С точки зрения социологического подхода, представленного Э. Дюркгеймом, М. Вебером, П. Сорокиным, становление личности рассматривается как результат социализации, под которой понимается процесс накопления личностью опыта и социальных установок, влияющий на развитие способностей и социальное поведение человека [18]. В психологической теории развития личности, представленной трудами К. Роджерса, Дж. Келли, Л. Колберга, процесс становления личности человека описывается как его внутреннее стремление к самоактуализации. Классический философский подход, представ-

ляемый Платоном, И. Кантом, Г. Гегелем, предлагал сущностное понимание природы личности, согласно которому личность есть данность, становление которой зависело от влияния универсальных факторов [4]. Существенно дополнить положения перечисленных точек зрения помогает формулирующийся в науке подход, основой которого является восприятие культуры как целого. При разработке методологии исследований проблемы культуры и личности концепции М. Бубера, М. Бахтина, В. Библера сходятся в том, что становление личности происходит в культурном пространстве, которое создается в процессе коммуникации и совместных действий. Вступая во взаимодействие с культурой, каждый человек не только изменяется сам, но меняет культуру, поэтому она всегда ориентирована на человека [2].

*Результаты исследования и их обсуждение.* Понятийный фундамент представляет термин «культура», понимаемый как отражение состояния человеческого бытия, которое противопоставляется природному бытию и отграничивается от этого бытия. В связи со сказанным уровень культурного развития определяется отношениями между человеческим и природным бытием, при котором возникает осознание меры, определяющей культуру человеческого бытия. Мера является единицей, используемой для соизмерения природного и человеческого пространства, в результате возникает пространственная структура культуры, которую постигает человек, вступающий с ней в диалог. В силу того, что этот мир существует только в конкретных пространственно-региональных формах, культура должна рассматриваться и как срез реальной общественной жизни, и как характеристика уровня развития каждой личности.

При этом влиятельная часть исследователей культуры, в числе которых В. Л. Кургузов постулирует тезис о том, что основным инструментом становления культурно-развитой, социально-активной личности является совокупность объективно существующих материальных и духовных факторов культуры. Ее роль заключается в том, что она организует, придает динамику и символический смысл тем событиям, которые влияют на становление личности человека. В культурологических текстах она выступает как категория, выражающая наличие типических и специфических характеристик, отражающих такие аспекты человеческой культуры, как материальные артефакты, обычаи, социальные нормы, ценности [12].

Однако не меньшее значение, по мнению В. С. Степина, имеют характеристики культурной среды, влияющие на личность, такие как структура общества, место и роль таких институтов, как экономика, семья, политика, а также региональное местоположение и климатические условия. Развивая эту мысль, он показал, что культура, понимаемая как система развивающихся надбиологических программ деятельности, обеспечивает воспроизводство и изменение личности человека. Культура в обществе генерирует нормы поведения и общения, которые влекут такие изменения. Посредством культуры одно поколение людей хранит и передает накопленный социальный и личный опыт следующему поколению, осваивающему предметный мир, навыки, приемы и технологии, а также ценностные ориентиры и образцы поведения [19].

Анализируя процесс становления личности в контексте интересующего подхода, философия акцентирует внимание на возможностях региональной культуры воздействовать на общественное и личностное сознание. Механизм этого влияния раскрыл Д. С. Лихачевым, считавшим, что наибольшее влияние на человека оказывают ценности культуры, под которой он понимал структуру, разделенную на материальную и духовную среду, создающую и распространяющую нормы, способствующие гуманизации общества и возвышению человека. Фактором первичной значимости признается аспект, связанный с личностным сознанием. Согласно данному подходу, личность человека обуславливается субъективным

восприятием. В контексте этой трактовки также определяются структура и идентификация личности, направленные на осознание нравственных начал различных социальных уровней: от индивида до различных типов социальных групп, а также общества и государства [13]. Однако интересующий подход не относит уровень развития личности только к психологическим эффектам восприятия окружающего мира. Анализ влияния регионального пространства культуры на личность с этой точки зрения предполагает объединение двух взаимообусловленных и взаимоопределяющих сфер: бытийной и ментальной. С. А. Нижников, отмечает, что личностный рост человека ведет к осознанию им необходимости перейти от эгоистических приоритетов и материальных запросов к удовлетворению духовных потребностей и творчеству во благо других людей и всего человечества. Поэтому вероятно предположить, что культура человека определяет его отношение к такой ценности, как потребность в самоактуализации, раскрывающейся через реализацию личностных целей, способностей и развитие личности [16].

При этом осознание первичной значимости культуры для личности, привело к актуализации вопроса о том, что понятия, являющиеся факторами культуры, не что-то абстрактное – они выступают в качестве проявлений либо регионального географического пространства, либо государственного образования. Ключевой категорией исследования является термин «пространство», который в работах Э. Гуссерля, М. Хайдеггера характеризуется как универсальная категория, описывающая посредством понятий структурности и протяженности окружающий человека мир [20].

В философии культуры эти сущностные характеристики осмысливаются синтетически, как «пространство культуры», влияющее на формирование «человеческого» пространства, которое понимается как инструмент реализации потенциала личности за счет приобщения ее к духовной, интеллектуальной, творческой активности и культуре.

Пространственное измерение культуры понимается как континуум, структура которого составлена областью единичности и областью взаимовлияний, между которыми идут процессы коммуникации и преемствен-

ности традиций и новаций, определяющих становление личности. По мнению В. Каганского, указанное поле – соотносительность с жизнедеятельностью конкретных социальных групп – располагается в рамках определенных историко-культурных пространств [11]. Оно фиксируется понятием «регион», характеризующимся как культурная общность, представленная тем пространственным единством, которое принято называть региональной культурой. Регион считается устойчивой целостностью, находящейся во взаимосвязи с социумом. Кроме этого, регион представляется системой, обладающей динамикой, целью, своими внутренними потребностями в самосохранении. Эту систему они представляют структурой, состоящей из ряда подсистем, имеющих в своем составе ряд необходимых элементов [10].

Схожие параметры пространства, которые характеризуются очеловеченностью, описаны Ю. М. Лотманом, создавшим модель взаимодействия между центром и периферией. Это пространство Ю. М. Лотман назвал семиотическим и указывал на его ведущую функцию, которой считал память, позволяющую реставрировать культурные слои [14]. Ключевым регулятором региональной культуры и ее смысловым наполнением, как пишет И. Я. Мурзина, являются системы ценностей, которые интегрируют региональную культуру в единое целое. При этом ее структура имеет еще один уровень взаимодействия между культурами, где каждая локальная культура, вступая в диалог с другими, выходит за пределы своих территориальных границ. Исследователи выделяют различные типы регионов, такие как региональные сообщества локального, национального, государственного и международного уровней [15].

Таким образом, каждая региональная культура представляет свое относительно самостоятельное, но всегда уникальное культурное пространство, обусловленное сущностью региональной культуры, благодаря которой приобретает качества культурности, однако находится в тесном взаимодействии с иными культурными пространствами. Вместе с этим, исследователи отмечают, что пространство региональной культуры является необходимым условием и особой формой существования общей культуры, содержание которой складывается из множества культур,

сформированных различными регионами планеты [7].

Основной особенностью регионального культурного пространства является его способность обеспечивать своим субъектам возможность взаимодействия с различными культурными, социальными, личностными, производственными, коммуникационными средами, при воздействии которых формируется их индивидуальность. Это ведет к тому, что содержание культурного пространства региона положительно влияет на становление личности человека, и определяет характер ее взаимодействия с культурным своеобразием окружающего мира [22].

Включение человека в культурное пространство способствует его коммуникативному и социокультурному развитию. Однако формирование личности не происходит автоматически, и причиной этого является то, что каждый человек имеет только свое, индивидуальное, специфическое отношение к окружающей действительности. В этих условиях становление личности в культуре должно пониматься как объективно и субъективно обусловленный процесс, имеющий опору в смысловой природе региональной культуры, содержание которой определяют ценности, укорененные в бытии человека и отражающие межсубъектные отношения [8]. Таким образом, содержание процесса становления личности в пространстве культуры составляют результаты деятельности человека, которые понимаются в качестве текстов культуры, имеющих определенное ценностное и смысловое содержание, и кроме этого, в качестве деятельности, направленной на создание, сохранение, передачу и трансформацию этого содержания и способов его продуцирования. Таким образом, ведущим фактором становления личности человека в региональной культуре является передача ему культурно-значимой информации иными культурными формами.

Структура информационного содержания регионального культурного пространства описана О. А. Габриеляном, с точки зрения которого, оно подразумевает наличие особой сферы культурного взаимодействия, реальности, существующей в рамках конкретных регионов. Параметры этой сферы заданы географическими, историческими, социальными, этническими, культурными условиями, действием различных региональных инсти-

тутов культуры, влияющих на особенности освоения каждым субъектом достаточных навыков культурной коммуникации [3].

Наиболее очевидным является влияние географического фактора, определяющего параметры местонахождения региона, и связанных с этими параметрами возможностей его экономического и культурного развития, влияющих на состояние социокультурных систем и каждого человека. Не менее важно влияние исторического фактора, функциональное назначение которого заключается в глубокой связи со сложившимися культурными традициями региона, с которыми связывают себя те, кто населяет этот регион. Влияние исторического фактора проявляется в том, как культура хранит в себе память об историческом развитии территории и народов, проживающих на ней. В сознании современников исторические факты преобразуются и актуализируются в соответствии с нормами современности и настоящим бытием людей, что формирует связь времен. Влияние истории как фактора формирования личности в рамках региональной культуры связывается с тем, что одна и та же территория в разные эпохи становится пространством для распространения разных культур, иногда генетически связанных с предшествующими традициями культуры, а иногда и отрицающими их [6].

Существенное влияние на развитие личности оказывают народные традиции, формирующие определенную культурно-творческую среду. Следование старым и создание новых культурных традиций является значимым условием, влияющим на становление личности субъектов регионального культурного пространства. Дело в том, что следование традициям обеспечивает связь времен, поколений, а следовательно, обеспечивает приобщение к культуре. Наиболее значимым фактором, влияющим на формирование регионального пространства культуры, признаются ценности, которые, как пишет П. С. Гуревич, являются духовными опорами, должными помочь человеку устоять и сохранить себя в условиях жизненных испытаний. Ценности, как правило, имеют отношение к представлениям об идеале, желаниях и нормах. Они определяют ход исторического развития и тем самым вносят порядок в существующую действительность, придавая осмысленность человеческой жизни. Ценности отражают то, как

личность относится к предметам, явлениям и событиям. Это отношение, так же, как и роль ценностей в формировании личности, зависит от культурного вектора эпохи, в которой проживает человек [5]. Указанное историческое наследие хранится в виде символов, смыслов, текстов культуры, являющихся для человека значимыми. При этом многообразный контекст, возникший из множества указанных сочетаний создает широкий конгломерат, порождающий бесконечную потенциальность, которую включает в себя культура, реализующаяся в региональных формах [21].

С точки зрения интерсубъективного подхода, определяющее культурное влияние на развитие региональных пространств оказывает региональная культура как целостная знаковая система, понимание которой возможно лишь при проведении операции «раскодирования» культурных знаков, символов, текстов. Они представляют собой культурные константы регионального текста, осмысление которых дает возможность раскрытия основ регионального сознания и самосознания, обнаружения исторически обусловленных первоэлементов региональных культур [9].

Наиболее ярко подобные константы фиксируются в литературных текстах, посвященных региональным проблемам развития культуры. Примером таких исследований являются публикации М. С. Кагана, Ю. М. Лотмана, В. Н. Топорова, которые выступили в качестве разработчиков методологии работы с текстами региональной культуры, понимаемыми в качестве особых знаковых систем, превращающих материальную реальность в духовные ценности. При этом, как утверждают Ю. М. Лотман и Б. А. Успенский, культурные тексты обладают собственным существованием и олицетворяют одну из форм жизни культуры, развивающейся, однако хранящей память о прошлом [14]. Поэтому пространство региональной культуры необходимо изучать как особый предмет, как текст, неразрывно связанный с общим контекстом. Эта методология позволит сформировать новый взгляд на процессы становления личности в рамках регионального пространства, представляющий собой социальный инструмент становления личности, как человека культуры.

*Заключение.* Таким образом, современные исследования становления личности в

региональной культуре нацелены на раскрытие содержания идеалов и ценностей сущности современных процессов развития. Основным аспектом, на который обращается внимание, является уровень развития личности как представителя региональной культуры, понимаемой как наследие нации, куда входят элементы духовной и материальной сфер, в совокупности образующие ин-

тегральное культуроцентристское единство. При этом признается, что региональная культура является основанием становления личности человека, и каждый человек участвует в формировании и развитии культуры региона. В этом контексте региональная культура может быть представлена как инструмент становления и развития личности как человека культуры.

### Список литературы

1. Ассман Я. Культурная память: письмо, память о прошлом и политическая идентичность в высоких культурах древности. М.: Языки славянской культуры, 2004. 370 с.
2. Библер В. С. От наукоучения – к логике культуры: два философских введения в двадцать первый век. М.: Политиздат, 1990. 413 с.
3. Габриелян О. А. Русский мир: культурное пространство Крыма. Симферополь: Доля, 2016. 126 с.
4. Гегель Ф. Феноменология Духа. Философия истории. М.: Эксмо, 2007. 892 с.
5. Гуревич П. С. Философия культуры. М.: Аспект-Пресс, 1995. 288 с.
6. Жуков А. В. Религиозное мифотворчество в обыденной религиозности населения Байкальского региона: дис. ... д-ра филос. наук: 09.00.14. Чита, 2011. 372 с.
7. Жуков А. В. Религиозность, субъективизм и конструирование концепций религиозной личности // Вестник Читинского государственного университета. 2010. № 2. С. 129–136.
8. Жуков А. В. Традиционная народная религиозность и проблема «двоеверия» // Вестник Читинского государственного университета. 2011. № 2. С. 10–15.
9. Жуков А. В. Факторы рецепции мифологических образов Китая в менталитете населения Забайкалья // Вестник Забайкальского государственного университета. 2014. № 1. С. 120–128.
10. Жуков А. В. Формирование религиозно-мифологического мировоззрения и мифы о религиозности // Вестник Читинского государственного университета. 2010. № 3. С. 27–33.
11. Каганский В. Л. Путешествие в ландшафте и путешествие в культуре // Культура в современном мире: опыт, проблемы, решения. 2001. № 2. С. 3–18.
12. Кургузов В. Л. Гуманитарная среда технического вуза. Методология. Опыт. Проблемы. Улан-Удэ: ВСГУ, 1997. 184 с.
13. Лихачев Д. С. Человек в литературе Древней Руси. М.; Л.: АН СССР, 1958. 186 с.
14. Лотман Ю. М. Семиосфера. СПб.: Искусство-СПБ, 2010. 704 с.
15. Мурзина И. Я. Феномен региональной культуры: бытие и самосознание: дис. ... д-ра культурологии: 24.00.01. Екатеринбург, 2003. 237 с.
16. Нижников С. А. Проблема духовного в западной и восточной культуре и философии. М.: Инфра-М, 2012. 168 с.
17. Петровский А. В. Личность. Деятельность. Коллектив. М.: Политиздат, 1982. 254 с.
18. Сорокин П. Человек. Цивилизация. Общество. М.: Политиздат, 1992. 543 с.
19. Степин В. С. Стратегии глобализации и диалог культур // Диалог культур и партнерство цивилизаций. СПб.: СПбГУП, 2010. С. 204–208.
20. Хайдеггер М. К вопросу о назначении дела мышления // Личность. Культура. Общество. 2007. № 4. С. 61–71.
21. Methodological features of study and development of "Ethnic cultures" images in China // International Electronic Journal of Mathematics Education. 2016. Vol. 11, No. 5. P. 1321–1330.
22. Zhukov A., Bernyukevich T., Zakharova E., Gomboeva M. Impact of social myths on the construction of German identity in Russian polyethnic region // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Vol. 9, No. 42. URL: <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/104239> (дата обращения: 13.04.2019). Текст: электронный.

## References

1. Assman I. *Kulturnaya pamyat: pismo, pamyat o proshlom i politicheskaya identichnost v vysokih kulturah drevnosti* (Cultural memory: writing, memory of the past and political identity in the high cultures of antiquity). Moscow: Languages of Slavic culture, 2004. 370 p.
2. Bibler V. S. *Ot naukoucheniya – k logike kultury: dva filosofskih vvedeniya v dvadtsat pervy vek* (From science to the logic of culture: two philosophical introductions into the twenty-first century). Moscow: Politizdat, 1990. 413 p.
3. Gabrielyan O. A. *Russkiy mir: kulturnoe prostranstvo Kryma* (Russian world: the cultural space of Crimea). Simferopol: Share, 2016. 126 p.
4. Hegel F. *Fenomenologiya Duha. Filosofiya istorii* (Phenomenology of the Spirit. The philosophy of history). Moscow: Eksmo, 2007. 892 p.
5. Gurevich P. S. *Filosofiya kultury* (Philosophy of culture). Moscow: Aspect-Press, 1995. 288 p.
6. Zhukov A. V. *Religioznoe mifotvorchestvo v obydennoy religioznosti naseleniya Baykalskogo regiona: dis. ... d-ra. filos. nauk: 09.00.14* (Religious myth-making in the everyday religiosity of the population of the Baikal region: dis. ... dr.philos. sciences: 09.00.14). Chita, 2011. 372 p.
7. Zhukov A. V. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of Chita State University), 2010, no. 2, pp. 129–136.
8. Zhukov A. V. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of Chita State University), 2011, no. 2, pp. 10–15.
9. Zhukov A. V. *Vestnik Zabayskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Transbaikalian State University), 2014, no. 1, pp. 120–128.
10. Zhukov A. V. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of Chita State University), 2010, no. 3, pp. 27–33.
11. Kagansky V. L. *Kultura v sovremennom mire: opyt, problemy, resheniya* (Culture in the modern world: experience, problems, solutions), 2001, no. 2, pp. 3–18.
12. Kurguzov V. L. *Gumanitarnaya sreda tehnikeskogo vuza. Metodologiya. Opyt. Problemy* (The humanitarian environment of a technical university. Methodology. Experience. Problems). Ulan-Ude: VSTU, 1997. 184 p.
13. Likhachev D. S. *Chelovek v literature Drevney Rusi* (Man in the literature of Ancient Russia). Moscow; Leningrad: Academy of Sciences of the USSR, 1958. 186 p.
14. Lotman Yu. M. *Semiosfera* (Semiosphere). St. Petersburg: Art-SPB, 2010. 704 p.
15. Murzina I. Ya. *Fenomen regionalnoy kultury: bytie i samosoznanie: dis. ... d-ra kulturologi: 24.00.01* (The phenomenon of regional culture: being and self-awareness: dis. ... dr. culturolog.science: 24.00.01). Yekaterinburg, 2003. 237 p.
16. Nizhnikov S. A. *Problema duhovnogo v zapadnoy i vostochnoy kulture i filosofii* (The spiritual problem in Western and Eastern culture and philosophy). Moscow: Infra-M, 2012. 168 p.
17. Petrovsky A. V. *Lichnost. Deyatel'nost. Kollektiv* (Personality. Activity. Collectivity). Moscow: Politizdat, 1982. 254 p.
18. Sorokin P. *Chelovek. Tsvivilizatsiya. Obshchestvo* (Man. Civilization. Society). Moscow: Politizdat, 1992. 543 p.
19. Stepin V. S. *Dialog kultur i partnerstvo tsvivilizatsiy* (Dialogue of cultures and partnership of civilizations). St. Petersburg: SPbGUP, 2010, pp. 204–208.
20. Heidegger *Lichnost. Kultura. Obshchestvo* (Personality. Culture. Society), 2007, no. 4, pp. 61–71.
21. International Electronic Journal of Mathematics Education (International Electronic Journal of Mathematics Education), 2016, vol. 11, no. 5, pp. 1321–1330.
22. Zhukov A., Bernyukevich T., Zakharova E., Gomboeva M. *Indian Journal of Science and Technology* (Indian Journal of Science and Technology), 2016. vol. 9, no. 42. URL: <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/104239> (Date of access: 13.04.2019). Text: electronic.

## Коротко об авторах

*Тертешикова Наталья Демьяновна*, ст. преподаватель кафедры менеджмента, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: философия культуры, этнография, литературоведение, история и культура народов Забайкалья  
tertshnikova-n@mail.ru

*Жукова Алена Алексеевна*, канд. филос. наук, ст. науч. сотрудник, научно-образовательный музейный центр, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: религиоведение, этнография, антропология, краеведение, музееведение, история и культура народов Забайкалья  
kazarbina\_a@mail.ru

*Романова Илона Валерьевна*, д-р социол. наук, профессор кафедры социально-правовых дисциплин, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: гендерная социология, философия одиночества, деловые коммуникации  
il.romanova2010@yandex.ru

*Бернюкевич Татьяна Владимировна*, д-р филос. наук, профессор, профессор кафедры истории и философии, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия. Область научных интересов: философия культуры, религиоведение, философия города, буддизм в культуре России, философия и литература, компаративистика  
bernyukevich@inbox.ru

### Briefly about the authors

---

**Natalia Terteshnikova**, senior lecturer, Management department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: philosophy of culture, ethnography, literary criticism, history and culture of the peoples of Transbaikalia

**Alena Zhukova**, candidate of philosophical sciences, senior researcher, Science Museum Center, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: religion study, ethnography, anthropology, study of local lore, museum study, history and culture of people in Transbaikalia

**Ilna Romanova**, doctor of sociological sciences, professor, Social and Legal Disciplines department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: gender sociology, philosophy of solitude, business communications

**Tatyana Bernyukevich**, doctor of philosophy, professor, History and Philosophy department, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia. Sphere of scientific interests: philosophy of culture, religious studies, philosophy of the city, Buddhism in the culture of Russia, philosophy and literature, comparative studies

### Образец цитирования

---

*Тертешникова Н. Д., Жукова А. А., Романова И. В., Бернюкевич Т. В. Формирование личности в рамках регионального политического пространства: методологический аспект // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 112–119. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-112-119.*

*Terteshnikova N., Zhukova A., Romanova I., Bernyukevich T. Formation of personality in the framework of regional political space: methodological aspect // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no.7, pp. 112–119. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-112-119.*

Статья поступила в редакцию: 16.09.2019 г.  
Статья принята к публикации: 24.09.2019 г.

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОГО УКРУПНЕНИЯ

### CURRENT ISSUES OF REGIONAL IMPROVEMENT IN THE CONDITIONS OF SPATIAL DEVELOPMENT



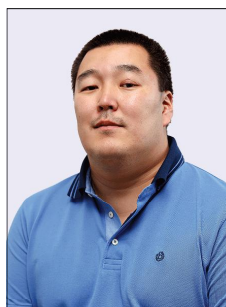
**Е. А. Жалсараева,**  
Восточно-Сибирский  
государственный университет  
технологий и управления,  
г. Улан-Удэ  
katya1e@yandex.ru

**E. Zhalsaraeva,**  
East-Siberian State University  
of Technology and Management,  
Ulan-Ude



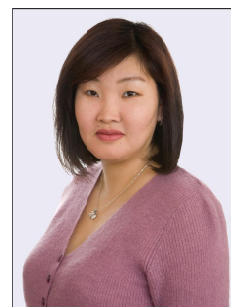
**М. А. Дугаржапова,**  
Бурятский государственный  
университет, г. Улан-Удэ  
uma79@mail.ru

**M. Dugarzhapova,**  
Buryat State University,  
Ulan-Ude



**В. Н. Маланов,**  
Восточно-Сибирский  
государственный университет  
технологий и управления,  
г. Улан-Удэ  
mvi\_mmv@mail.ru

**V. Malanov,**  
East-Siberian State University  
of Technology and  
Management, Ulan-Ude



**А. В. Шангина,**  
Восточно-Сибирский  
государственный университет  
технологий и управления,  
г. Улан-Удэ  
ubonieva@mail.ru

**A. Shangina,**  
East-Siberian State University  
of Technology and  
Management, Ulan-Ude

Экономические и социальные вопросы развития являются приоритетными направлениями исследований экономики региона в условиях стратегического развития. Каждый регион обладает специфическими характеристиками, которые в условиях экономических преобразований могут выступать как факторами текущего и прогнозного экономического развития, так и факторами, сдерживающими его рост. Поэтому, в целях преодоления негативных тенденций, для решения проблем экономических диспропорций и стимулирования экономического роста необходимо трансформировать существующую систему хозяйственных отношений в рамках создания макрорегиона.

Цель статьи состоит в исследовании теоретической базы пространственного экономического развития и аналитического обоснования создания макрорегионов на основе факторов региональной дифференциации.

Автор обосновывает необходимость развития регионов на основе использования их потенциальных возможностей, что может быть реализовано в условиях создания макрорегиона. В качестве объекта исследования выбран Байкальский регион, предметом исследования является экономическая система Байкальского региона

**Ключевые слова:** макрорегион; пространственное развитие; региональная экономика; социально-экономическое развитие; региональное укрупнение; экономический рост; факторы дифференциации; потенциал региона

Economic and social issues of development are priority areas for research in the regional economy in the context of strategic development. Each region has specific characteristics, which in the conditions of economic transformations can act as factors of current and forecast economic development, as well as factors hindering its growth. Therefore, in order to overcome the negative trends, to solve the problems of economic imbalances and stimulate economic growth, it is necessary to transform the existing system of economic relations within the framework of the creation of a macroregion.



The goal of the article is to study the theoretical base of spatial economic development and the analytical substantiation of the creation of macroregions based on factors of regional differentiation.

The authors substantiate the need for the development of regions based on the use of their potential, which can be realized in the context of creating a macroregion

**Key words:** macro-region; spatial development; regional economy; socio-economic development

**В**ведение. Вопросы пространственного развития территорий приобретают актуальность на современном этапе экономического развития страны. К числу приоритетных направлений пространственного развития национальной экономики относится, в том числе, обеспечение стабильного регионального экономического роста, через наиболее полное использование экономического потенциала, увеличение масштабов производства; повышение доходов и уровня благосостояния населения, увеличение доходов бюджета и создание благоприятных экономических условий.

В конце 2018 г. разработан проект Стратегии пространственного развития РФ до 2025 г., в котором предлагается провести региональное укрупнение путём создания 14 макрорегионов. Главная идея проекта заключается в создании центров экономического роста, обладающих конкурентоспособной экономикой, а также обеспечение высокой связанности таких центров между собой и с прилегающими территориями [11].

Реализация стратегии предполагает на начальном этапе разработку и внедрение соответствующего инструментария как понятийного, так и методологического.

*Теоретические основы исследования.* Термин «пространственное развитие» появился в 30-х гг. в Европе, а затем к началу 70-х гг. XX в. и в США. По своей сути он тесно связан с понятием стратегического планирования, посредством которого можно осуществлять регулирование процессов развития как больших территорий, так и малых в части принятия фундаментальных решений и действий [2].

При этом пространственное развитие должно рассматриваться с разных точек зрения, в зависимости от масштаба планирования и специфики сферы применения, особенно важно при этом определить объект планирования: городская агломерация, субъект страны или более крупное объединение (макрорегион).

Пространственное развитие территории, закономерности такого развития могут быть представлены в виде моделей, основанных на исследовании влияния тех или иных факторов. В этом смысле выделяются неокейнсианская, институциональная и экономико-географическая модели.

Особенности экономического развития регионов, территорий представлены в работах Ф. Перру, Т. Хегерстрандта, П. Потье, Х. Ричардсона. Теории пространственного развития на основе пространственного охвата взаимодействующих общественно-экономических систем рассматривались в трудах Дж. Харриса, А. Хиршмана, Г. Мюрдаля, А. Преда, П. Кругмана, М. Фуджита, Э. Венаблеса и др.

Концептуальные основы теории пространственного развития территорий рассматривал в своих работах шведский учёный Карл Гуннар Мюрдаль, основатель стокгольмской школы макроэкономики [15]. Также в рамках исследования экономического пространственного развития особое место занимают исследования ряда учёных, таких как Ф. Перру, Ж.-Р. Будвиль, П. Потье, Х. Р. Ласуэн. Более конкретизированный подход к исследованию особенностей регионального развития предложен Пьером Потье, в рамках его «учения об осях развития» [16; 18]. Региональное развитие также может зависеть от уровня взаимодействия центральных и периферийных районов. Данная модель предложена Дж. Фридманом в 1966 г. [14]. Ф. Перру предложил в качестве признака классификации отраслей производства рассматривать тенденции их развития. По мнению учёного, необходимо усилить воздействие государства на экономику, более усиленного управления государством экономическими процессами [13; 16; 17]. Эта теория к настоящему моменту активно применяется в мировом масштабе при разработке стратегий пространственного экономического развития (при создании сво-

бодных экономических зон, технополисов, технопарков).

Характеризуя отечественный опыт создания концепции пространственного развития, можно назвать таких наиболее известных российских ученых, занимающихся исследованиями в области пространственной экономики, как А. Г. Гранберг, В. Л. Глазычев С. В. Княгинин, Ю. Перелыгин, С. А. Суспицын, П. А. Минакир, И. Т. Насретдинов, В. И. Суслов, А. И. Татаркин и др.

Так, профессор В. Л. Глазычев в изучал проблемы пространственного развития территорий на примере городских агломераций. Он предложил рассматривать вопросы планирования пространственного развития в разрезе «средового» подхода, при котором проблема рассматривается комплексно [7]. С. А. Суспицын в своих исследованиях доказывает, что пространственные трансформации экономики представляют процесс изменения показателей развития экономической системы страны, для чего необходимо выявление её причин, факторов и ограничений [11]. На международном уровне также существуют экономические связи, которые могут оказывать влияние на пространственное развитие региона [8; 9; 12].

В целом же разные подходы постепенно находят отражение и в государственном законодательстве. К настоящему времени уже действует ряд федеральных нормативных документов, в которых определены основные направления по реализации принципов пространственного развития. Например, в ст. 20, 21 Федерального закона от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) говорится о том, что такое пространственное развитие и каков его состав, а также, что необходимо учитывать при пространственном планировании на уровне регионов.

Также в 2008 г. распоряжением Правительства РФ № 1662-р от 17.11.2008 г. принята Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г., в которой говорится о необходимости создания центров экономического роста в рамках пространственного развития регионов. Кроме этого, каждый из субъектов РФ на своём уровне разрабатывает нормативные документы стратегического значения, в том числе стратегии

социально-экономического развития федеральных округов РФ и субъектов, схемы территориального планирования субъектов РФ и муниципальных районов; некоторые разработки планов городов и поселений и др. [5].

*Методика исследования.* В целом, основываясь на результатах исследований учёных и опираясь на существующую нормативно-правовую базу, можно определить пространственное развитие любой территории в качестве общего подхода к управлению её развитием как совокупности социального, экологического и культурного пространства обеспечивающего условия для реализации национальных конкурентных преимуществ [4].

Пространственное развитие государства, очевидно, зависит от влияния ключевых факторов регионального экономического развития, в качестве которых должны рассматриваться внутренние и внешние условия, в том числе распределение трудового, природно-ресурсного, производственного, инновационного потенциалов, наличие развитой инфраструктуры.

Под внутренними условиями пространственного развития следует понимать наличие некоторых условий, оказывающих положительное или отрицательное влияние на потенциал экономического роста. Например, это могут быть межрегиональные, международные и приграничные сотрудничества, наличие развитой институциональной среды и эффективного менеджмента на всех уровнях законодательной и исполнительной власти, ограничения, накладываемые на хозяйственную деятельность из-за экологической обстановки и т. д.

Внешние условия пространственного развития – это условия, возникающие в процессе реализации внешней политики государства в мировом сообществе и оказывающие влияние на экономику как в целом всей страны, так и отдельно взятых её субъектов.

Уровень социально-экономического развития субъектов РФ, как неотъемлемых составных частей пространственного развития страны, во многом зависит от воздействия и сочетания факторов и условий пространственного развития. Для оценки социально-экономического развития субъектов РФ необходимо провести многомерный сравнительный анализ (рейтинговая оценка социально-экономического состояния регионов РФ), основанный на изучении комплек-

са показателей, в качестве которых могут выступать социальные, экономические, финансовые. В предложенной методике разработка и обоснование показателей (определение состава показателей, их содержания, выявления взаимосвязей между ними) занимает наиболее важное место.

После обоснования системы показателей формируется матрица исходных данных по субъектам РФ. Затем определяются стандартизированные коэффициенты и составляется матрица стандартизированных коэффициентов

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}}, \text{ при } a_{ij} \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$x_{ij} = \frac{\min a_{ij}}{a_{ij}}, \text{ при } a_{ij} \rightarrow \min. \quad (2)$$

Формула 1 применяется при определении стандартизированных коэффициентов для показателей, имеющих прямо пропорциональную зависимость между значением и эффектом для региональной системы, то есть: чем выше значение показателя, тем лучше результат. Соответственно минимальный элемент выбирается для тех показателей,

которые имеют обратно пропорциональную зависимость между значением и эффектом, то есть: чем выше значение показателя, тем хуже результат для региона.

На основе данных матрицы стандартизированных коэффициентов определяется рейтинговое значение по каждому региону

$$R_j = \sqrt{x_{1j}^2 + x_{2j}^2 + \dots + x_{nj}^2}, \quad (3)$$

где  $j$  – номер региона,  $n$  – номер показателя.

Полученные рейтинговые оценки размещаются по ранжиру и определяется место каждого субъекта РФ. Первое место занимает регион с самым высоким показателем рейтинговой оценки ( $R_j$ ). Для целей дальнейшего анализа и исследования следует все субъекты РФ группировать по рейтинговому показателю. Группировка регионов позволит определить относительную идентичность по уровню их социально-экономического развития, а значит определить ключевые факторы сдерживания роста экономического благосостояния.

*Аналитическая часть исследования.* Таким образом, после проведения рейтинговой оценки получены данные, отражённые в табл. 1.

Таблица 1 /Table 1

*Рейтинговая оценка социально-экономического развития субъектов Российской Федерации\*/  
Rating assessment of social and economic development of subjects of the Russian Federation*

Субъект Российской Федерации / Subject of the Russian Federation	Рейтинг/ Rating	Место/ Place	Группа регионов / Group of the of regions
г. Москва / Moscow	2,514	1	1
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets district	2,188	2	2
Ненецкий автономный округ / Nenets district	2,107	3	3
Чукотский автономный округ / Chukotka district	2,057	4	
Магаданская область / Magadan region	1,961	5	4
г. Санкт-Петербург / Saint-Petersburg	1,959	6	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра / Khanty-Mansiysk–Ugra district	1,817	7	5
Камчатский край / Kamchatka region	1,817	8	
Краснодарский край / Krasnodarsky region	1,778	9	6
Мурманская область / Murmansk region	1,726	10	
г. Севастополь / Sevastopol	1,706	11	
Сахалинская область / Sakhalin district	1,702	12	

Продолжение табл. 1

Субъект Российской Федерации / Subject of the Russian Federation	Рейтинг/ Rating	Место/ Place	Группа регионов / Group of the of regions
Республика Коми / Republic of Komi	1,659	13	7
Московская область / Moscow region	1,641	14	
Белгородская область / Belgorod region	1,615	15	
Ленинградская область / Leningrad region	1,593	16	8
Еврейская автономная область / Jewish Autonomous region	1,591	17	
Республика Татарстан / Republic of Tatarstan	1,566	18	
Республика Башкортостан / Republic of Bashkortostan	1,538	19	
Хабаровский край / Khabarovsk region	1,532	20	
Нижегородская область / Nizhny Novgorod region	1,526	21	
Приморский край / Primorsky Krai	1,520	22	
Ростовская область / Rostov region	1,516	23	
Свердловская область / Sverdlovsk region	1,504	24	
Челябинская область / Chelyabinsk region	1,496	25	
Республика Саха (Якутия) / The Republic Of Sakha (Yakutia)	1,491	26	
Ставропольский край / Stavropol region	1,490	27	
Иркутская область / Irkutsk region	1,475	28	
Красноярский край / Krasnoyarsk region	1,471	29	
Тульская область / Tula region	1,470	30	
Липецкая область / Lipetsk region	1,461	31	
Новгородская область / Novgorod region	1,454	32	
Калининградская область / Kaliningrad region	1,452	33	
Архангельская область без автономного округа / Arkhangelsk region (without autonomous district)	1,445	34	
Кемеровская область / Kemerovo region	1,444	35	
Чеченская Республика / Republic of Chechnya	1,441	36	
Тюменская область без автономных округов / Tyumen region (without autonomous districts)	1,436	37	
Республика Адыгея / Aдыгея Republic	1,431	38	
Амурская область / Amursk region	1,412	39	
Республика Карелия / Republic of Karelia	1,409	40	
Пензенская область / Penza region	1,409	41	
Томская область / Tomsk region	1,409	42	
Оренбургская область / Orenburg region	1,407	43	
Воронежская область / Voronezh region	1,404	44	
Костромская область / Kostroma region	1,400	45	10
Пермский край / Perm region	1,396	46	
Владимирская область / Vladimir region	1,393	47	
Республика Северная Осетия – Алания / Republic of North Ossetia–Alania	1,392	48	
Кабардино-Балкарская Республика / Kabardino-Balkar Republic	1,379	49	

Окончание табл. 1

Ульяновская область / Ulyanovsk region	1,376	50
Новосибирская область / Novosibirsk region	1,375	51
Саратовская область / Saratov region	1,369	52
Ярославская область / Yaroslavl region	1,363	53
Удмуртская республика / Udmurt republic	1,355	54
Тверская область / Tver region	1,354	55
Смоленская область / Smolensk region	1,351	56
Вологодская область / Vologda region	1,349	57
Чувашская республика / Chuvash republic	1,347	58
Ивановская область / Ivanovo region	1,343	59
Псковская область / Pskov region	1,339	60
Калужская область / Kaluga region	1,336	61
Тамбовская область / Tambov region	1,327	62
Алтайский край / Altai region	1,324	63
Республика Крым / Republic Of Krym	1,323	64
Брянская область / Bryansk region	1,320	65
Рязанская область / Ryazan region	1,318	66
Республика Хакасия / Republic of Khakassia	1,315	67
Забайкальский край / Zabaikalsky Kray	1,308	68
Орловская область / Orel region	1,306	69
Волгоградская область / Volgograd region	1,305	70
Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	1,302	71
Курская область / Kursk region	1,286	72
Республика Дагестан / Republic of Dagestan	1,280	73
Кировская область / Kirov region	1,272	74
Астраханская область / Astrakhan region	1,262	75
Республика Марий Эл / Republic of Mari El	1,255	76
Республика Мордовия / Republic of Mordovia	1,252	77
Омская область / Omsk region	1,252	78
Республика Бурятия / Republic of Buryatia	1,247	79
Курганская область / Kurgan area	1,234	80
Самарская область / Samara region	1,226	81
Республика Тыва / Republic of Tyva	1,213	82
Карачаево-Черкесская республика / Republic of Karachayvo-Cherkessia	1,211	83
Республика Ингушетия / Republic of Ingushetia	1,208	84
Республика Алтай / Republic of Altai	1,200	85

11

\*составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики

Из табл. 1 видно дифференциацию в социально-экономическом развитии регионов. Наиболее развитым регионом с рейтингом 2,514 является г. Москва, а наименее развитым – Республика Алтай с рейтингом 1,2. Коэффициент дифференциации составляет 2,09. Рассмотрим более подробно различия в уровне развития субъектов Российской Федерации на примере регионов, входящих в группы 1...4 и 11. В группы 1...4 входят субъекты с высоким значением следующих макроэкономических показателей: плотность населения (г. Москва, г. Санкт-Петербург); среднедушевые денежные доходы и среднемесячная номинальная начисленная заработная плата (г. Москва, Ямало-Ненецкий автономный округ, Ненецкий автономный округ, Чукотский автономный округ); ВРП на душу населения (Ненецкий автономный округ); инвестиции в основной капитал и объём отгруженных товаров собственного производства (г. Москва); обеспеченность населения социальными объектами (Ненецкий автономный округ, Чукотский автономный округ, Магаданская область); обеспеченность автомобильными дорогами с твёрдым покрытием (г. Москва, Ямало-Ненецкий автономный округ, Магаданская область, г. Санкт-Петербург).

В группу 11 входят субъекты Российской Федерации с низкими значениями следующих показателей: плотность населения; ВРП на душу населения; инвестиции в основной капитал; объём отгруженных товаров собственного производства; продукция сельского хозяйства. При этом в названных регионах, по данным официальной статистики, отмечается высокий уровень зарегистрированной безработицы и большое количество зарегистрированных преступлений.

Такое различие в уровне рейтингового показателя связано с влиянием факторов пространственного развития Российской Федерации, в частности, обеспеченностью природными ресурсами, в том числе углеводородами, развитием транспортной инфраструктуры, размещением производительных сил, концентрацией человеческого капитала, которая связана с миграцией трудовых ресурсов и неоднородностью расселения.

Кроме этого в процессе деятельности субъекты сталкиваются с большим количеством ограничений экономического роста: неравномерное распределение финансовых

потоков по территории страны, несбалансированное развитие городов и сёл, высокая антропогенная нагрузка и постоянное ухудшение условий окружающей природной среды, а также недостаточного количества высококвалифицированных кадров.

По большому счёту в настоящее время все субъекты РФ являются конкурентами друг другу в использовании ресурсов: природных, трудовых, производственных, энергетических, инфраструктурных и финансовых. Например, вокруг оз. Байкал, стратегического ресурса питьевой воды и природных ресурсов, расположены три конкурирующих региона: Иркутская область, Республика Бурятия и Забайкальский край.

В табл. 2 представлены основные показатели социально-экономического положения субъектов Байкальского макрорегиона по состоянию на конец 2017 г. Их анализ показывает, что лидирующее положение занимает Иркутская область. Такое положение связано с более высоким уровнем привлечённых инвестиций в основной капитал различных отраслей экономики, в том числе сельского хозяйства и промышленности. Уровень развития экономик субъектов Байкальского макрорегиона отражает показатель ВРП на душу населения, который в Иркутской области на 118,8 % выше по сравнению с Республикой Бурятия и на 82,3 % – по сравнению с Забайкальским краем. Данная тенденция оказывает влияние и на социально-демографическую ситуацию. В настоящее время наблюдается отток населения из слабо развитых регионов, так например, по данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики Республики Бурятия, из региона в 2010 г. выбыло 23 386 человек, а к 2017 г. этот показатель увеличился почти в два раза и составил 43 977 человек [9].

Миграция трудоспособного населения связана с недостаточным количеством рабочих мест в регионе, а также низким уровнем среднемесячных доходов населения. Эти и другие негативные тенденции привели к возникновению парадоксальной ситуации, когда регионы, располагающие огромным ресурсным потенциалом, не только не реализуют его в полной мере, но и теряют от ограничений, накладываемых конкуренцией с другими регионами.

Таблица 2 / Table 2  
 Сравнительный анализ социально-экономического положения субъектов Байкальского макрорегиона\*  
 Comparative analysis of the socio-economic situation of the subjects of the Baikal macroregion

Показатель / Criteria	Республика Бурятия / Republic of Buryatia	Забайкальский край / Zabaikalsky Krai	Иркутская область / Irkutsk Region
Плотность населения, чел. на км <sup>2</sup> / Population density, people per km <sup>2</sup>	2,80	2,48	3,10
Уровень зарегистрированной безработицы / Registered unemployment rate	1,4	1,6	1,1
Среднедушевые денежные доходы (в месяц), р. / Per capita cash income (per month), rub.	25 040	23 267	22 412
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата, р. / Average monthly nominal accrued salary, rub.	32 237	34 848	38 086
ВРП на душу населения, р. / GRP per capita, rub.	202 627,8	243 110,4	443 297,8
Инвестиции в основной капитал, млн р. / Investments in fixed capital, mln rub.	41 508	91 258	256 892
Объём отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг / The volume of shipped goods of own production, work and services	112 895	142 479	1 063 132
Продукция сельского хозяйства, млн р. / Agricultural products, mln rub.	15 061,2	22 513,2	61 900,4
Число зарегистрированных преступлений на 100 000 чел. / Number of registered crimes per 100,000 people	2399	2509	1913
Число больничных коек на 10 000 чел. / Number of hospital beds per 10,000 people	86,4	99	103,8
Охват детей дошкольным образованием, в % от численности детей / Coverage of children with pre-school education, % from the number of children	61,3	57,3	68,4
Удельный вес автомобильных дорог с твёрдым покрытием / Proportion of roads with a hard surface	62,4	68,5	77,3

\*составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики

В то же время наряду с некоторыми различиями в уровне социально-экономического положения субъектов Байкальского региона следует отметить их схожесть, которая должна способствовать реализации пространственного потенциала макрорегиона в целом на основе однородности природно-климатических, демографических, производственных ресурсов, то есть в условиях пространственного развития укрупнение регионов должно осуществляться на основе оценки факторов дифференциации.

В настоящее время активно используется кластерный подход в определении стратегических центров развития только внутри конкретного региона. Кластеры создаются по тем направлениям, которые рассматриваются в программах развития. Так, для Республики Бурятия наиболее актуальными

являются следующие кластеры: высокотехнологичного машиностроения и приборостроения, агропищевой, туристический, строительства и строительных материалов; для Иркутской области – машиностроительный, агропромышленный, туристический, энергетический, байкальский фармацевтический и строительный; для Забайкальского края – горно-металлургический, туристический [3]. Для их освоения у регионов есть инструменты и ресурсы.

Таким образом, в развитии субъектов Байкальского региона становится актуальным объединение на основе консолидации преимуществ для формирования центров экономического развития. Цель объединения субъектов в макрорегион – создать благоприятные условия и возможности для развития крупных городских агломераций,

преодоления барьеров экономического роста, а также стимулы, направленные на экономическое оздоровление, становление, развитие и самореализацию конкурентного потенциала. Например, Республика Бурятия и Забайкальский край могут объединить усилия для развития приграничных территорий с Китаем и Монголией, Иркутская область и Республика Бурятия имеют общие интересы для развития туристического комплекса вокруг оз. Байкал и т. д. Однако для успешного функционирования макрорегиона в условиях пространственного развития необходимо разработать соответствующий инструментарий и механизм согласованного использования ключевых ресурсов территорий.

*Результаты исследования.* Во-первых, анализ научной литературы показал, что до сих пор не сформировано и законодательно не определено понятие «пространственное развитие».

Во-вторых, на основе анализа уровня социально-экономического развития субъектов РФ определено, что создание макрорегионов на основе факторов дифференциации возможно, и их укрупнение должно идти не только по географическому принципу, необходимо создание и развитие эффективных агломераций как центров экономического роста.

В-третьих, на основе анализа специфических особенностей субъектов РФ (Иркутская область, Забайкальский край и Республика Бурятия) выявлены ключевые факторы их дифференциации.

В-четвертых, сделан вывод о том, что наличие макрорегиона позволит повысить эффективность функционирования не только субъектов, в него входящих, но и хозяйственно-экономической системы страны в целом.

*Заключение.* Изучение трудов отечественных и зарубежных учёных показало, что в настоящее время вопросы пространственного развития являются актуальными, однако при этом не исследованы в полном объёме.

Проведена рейтинговая оценка уровня социально-экономического развития субъектов РФ, по данным которой определены 11 групп регионов, имеющих относительно одинаковые уровни социально-экономического развития. Анализ результатов рейтинговой оценки показал, что схожие по своим характеристикам субъекты, расположенные географически близко друг к другу, могут входить в состав разных рейтинговых групп. Определено, что создание макрорегионов на основе факторов дифференциации возможно, и их укрупнение должно осуществляться с учётом не только географического фактора, но и влияния внутренних и внешних условий пространственного развития.

В целом укрупнение регионов, создание макрорегионов с учётом факторов их дифференциации позволит повысить эффективность функционирования экономики самих субъектов, а также хозяйственно-экономической системы страны в целом.

#### Список литературы

1. Глазычев В. Л. Город без границ. М.: Территория будущего, 2011. 398 с.
2. Глазычев В. Л. Россия: принципы пространственного развития. URL: [http://www.glazychev.ru/projects/2004\\_prostrazv/2004\\_docladprostrazv.htm](http://www.glazychev.ru/projects/2004_prostrazv/2004_docladprostrazv.htm) (дата обращения: 22.01.2019). Текст: электронный.
3. Дмитренко О. В., Жалсараева Е. А., Жамсуев Б. С. Развитие кластерных форм освоения ресурсов региона с учётом экономических и экологических факторов // Экономика и предпринимательство. 2016. № 11. С. 312–318.
4. Дугаржапова М. А., Дугаржапов З. Б., Унгаев А. А. Факторы и условия экономического роста региона. Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления. 2013. 128 с.
5. Климанов В. В., Будаева К. В., Чернышова Н. А. Направления регионального стратегирования и программирования в России // Региональные исследования. 2016. № 4. С. 17–30.
6. Кожиева Ф. А. Региональное развитие в контексте теории полюсов роста // Фундаментальные исследования. 2015. № 11-3. С. 574–578.
7. Минакир П. А. «Стратегия пространственного развития» в интерьере концепций пространственной организации экономики // Пространственная экономика. 2018. № 4. С. 8–20.
8. Минакир П. А., Демьяненко А. Н. Очерки по пространственной экономике. Хабаровск, 2014. 272 с.
9. Общие итоги миграции населения Республики Бурятия. URL: [http://www.burstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/burstat/ru/statistics/population](http://www.burstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/burstat/ru/statistics/population) (дата обращения: 01.02.2019). Текст: электронный.



10. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. URL: <http://www.static.government.ru/media/files/UVAIqUtT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf> (дата обращения: 22.02.2019). Текст: электронный.
11. Суспицын С. А. Развитие методов измерения пространственных трансформаций экономики // Регион: экономика и социология. 2007. № 4. С. 3–18.
12. Ускова Т. В. Актуальные проблемы пространственного развития // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2011. № 5. С. 170–174.
13. Boudeville J. R. Problems of regional economic planning. Edinburg: University Press, 1966. 192 p.
14. Friedmann J. Regional development policy: a case study of Venezuela. MIT Press. 1966. 279 p.
15. Myrdal G. Asian drama: an inquiry into the poverty of nations. New York: Pantheon Book, 1969. Vol. 51. P. 221–223.
16. Perroux F. Economic space: theory and applications // Quarterly Journal of Economics. 1950. No. 64. P. 89–104.
17. Perroux F. Note sur la notion de pôle de croissance? // Économie appliquée. 1955. Vol. 8. P. 307–320.
18. Pottier P. Axes de communication et développement économique // Revue économique. 1963. T. 14. P. 58–132.

## References

1. Glazychev V. L. *Gorod bez granits* (City without borders). Moscow, Territoriya budushchego, 2011. 398 p.
2. Glazychev V. L. *Rossiya: territoriya prostranstvennogo razvitiya* (Russia: the territory of spatial development). URL: [http://www.glazychev.ru/projects/2004\\_prostrazv/2004\\_docladdprostrazv.htm](http://www.glazychev.ru/projects/2004_prostrazv/2004_docladdprostrazv.htm) (Date of access: 22.01.2019).
3. Dmitrenko O. V., Zhalsaraeva E. A., Zhamsuev B. S. *Ekonomika i predprinimatelstvo* (Economics and Entrepreneurship), 2016, no. 11, pp. 312–318.
4. Dugarzhapova M. A., Dugarzhapov Z. B., Ungaev A. A. *Faktory i usloviya ekonomicheskogo rosta regiona* (Factors and conditions for economic growth in the region). Ulan-Ude, Publ. ESSTU, 2013. 128 p.
5. Klimanov V. V., Budaeva K. V., Chernyshova N. A. *Regionalnye issledovaniya* (Regional studies), 2016, no. 4, pp. 17–30.
6. Kozhieva F. A. *Fundamentalnye issledovaniya* (Basic researches), 2015, no. 11–3, pp. 574–578.
7. Minakir P. A. *Prostranstvennaya ekonomika* (Spatial economics), 2018, no. 4, p. 8–20.
8. Minakir P. A., Demiyantenko A. N. *Ocherki po prostranstvennoy ekonomike* (Essays on Spatial Economics). Khabarovsk, 2014. 272 p.
9. *Obshchie itogi migratsii naseleniya Respubliki Buryatiya* (General results of the migration of the population of the Republic of Buryatia). URL: [http://www.burstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/burstat/ru/statistics/population](http://www.burstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/burstat/ru/statistics/population) (Date of access: 01.02.2019). Text: electronic.
10. *Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda* (The spatial development strategy of the Russian Federation for the period until 2025). URL: <http://www.static.government.ru/media/files/UVAIqUtT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf> (Date of access: 22.02.2019). Text: electronic.
11. Suspitsyn S. A. *Region: ekonomika i sociologiya* (Region: economics and sociology), 2007, no. 4, pp. 3–18.
12. Uskova T. V. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* (Economic and social changes: facts, trends, forecast), 2011, no. 5, pp. 170–174.
13. Boudeville J. R. *Problems of regional economic planning* (Problems of regional economic planning). Edinburg: University Press, 1966. 192 p.
14. Friedmann J. *Regional development policy: a case study of Venezuela* (Regional development policy: a case study of Venezuela). MIT Press. 1966. 279 p.
15. Myrdal G. (Asian drama: an inquiry into the poverty of nations). New York: Pantheon Book, 1969. vol. 51, pp. 221–223.
16. Perroux F. *Quarterly Journal of Economics* (Quarterly Journal of Economics), 1950, no. 64, pp. 89–104.
17. Perroux F. *Economie appliquée* (Economie appliquée), 1955, vol. 8, pp. 307–320.
18. Pottier P. *Revue économique* (Revue économique), 1963, vol. 14, pp. 58–132.

**Коротко об авторах**

*Жалсараева Екатерина Александровна*, канд. экон. наук, доцент, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия. Область научных интересов: развитие региональной экономики, проблемы стимулирования экономического роста в условиях экологических ограничений, разработка механизмов регулирования взаимоотношений государства и бизнеса, а также вопросы по анализу инвестиционной и инновационной активности региона  
katya1e@yandex.ru

*Дугаржапова Марина Абрамовна*, канд. экон. наук, доцент, Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Россия. Область научных интересов: факторы и условия экономического роста, институциональная экономика, региональная экономика  
uma79@mail.ru

*Маланов Виталий Иннокентьевич*, канд. экон. наук, доцент, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия. Область научных интересов: финансовая система, региональная экономика, банковский сектор экономики  
mvi\_mmv@mail.ru

*Шангина Анна Вячеславовна*, канд. экон. наук, доцент, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия. Область научных интересов: налоговый потенциал, финансы предприятий и организаций, региональная экономика  
ubonieva@mail.ru

**Briefly about the authors**

*Ekaterina Zhalsaraeva*, candidate of economic sciences, associate professor, East-Siberian State University of technologies and management, Ulan-Ude, Russia. Briefly about the author: development of the regional economy, problems of stimulating economic growth under environmental constraints, development of mechanisms for regulating the relationship between the state and business, as well as issues on the analysis of investment and innovation activity in the region

*Marina Dugarzhapova*, candidate of economic sciences, associate professor, Buryat State University, Ulan-Ude, Russia. Briefly about the authors: factors and conditions of economic growth, institutional economy, regional economy.

*Vitaly Malanov*, candidate of economic sciences, associate professor, East Siberian State University of technology and management, Ulan-Ude, Russia. Briefly about the authors: financial system, regional economy, banking sector

*Anna Shangina*, candidate of economic sciences, associate professor, East Siberian State University of technology and management, Ulan-Ude, Russia. Briefly about the authors: tax potential, Finance of enterprises and organizations, regional economy

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-010-00906 А «Развитие теоретических подходов и разработка механизмов эффективного взаимодействия субъектов Байкальского макрорегиона в условиях пространственного развития»)

**Образец цитирования**

*Жалсараева Е. А., Дугаржапова М. А., Маланов В. И., Шангина А. В. Пространственное развитие в условия регионального укрупнения // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 120–130. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-120-130.*

*Zhalsaraeva E., Dugarzhapova M., Malanov V., Shangina A. Current issues of regional improvement in the conditions of spatial development // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no.7, pp. С. 120–130. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-120-130.*

Статья поступила в редакцию: 17.06.2019 г.  
Статья принята к публикации: 02.09.2019 г.

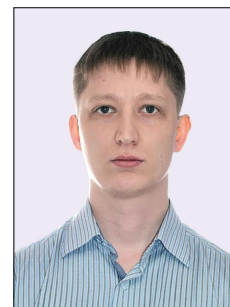
УДК 339.9

DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-131-142

**ВНЕШНЯЯ ТОРГОВЛЯ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ****FOREIGN TRADE OF THE BAIKAL REGION: CURRENT STATE AND MAJOR TRENDS OF DEVELOPMENT**

**Я. А. Суходолов**, Читинский институт (филиал)  
Байкальского государственного университета, г. Чита  
yakov.suhodolov@gmail.com

**Ya. Sukhodolov**, Chita Institute of Baikal State University, Chita



Рассмотрена современная специфика внешнеторговых связей Байкальского региона. Дана общая характеристика динамики объёмов и основных тенденций изменения товарной структуры экспортно-импортных операций Байкальского региона на основе анализа статистических данных Федеральной таможенной службы Российской Федерации за период 2010–2018 гг. Необходимость развития внешне-торговой деятельности российских регионов является важным направлением повышения национальной конкурентоспособности в современных условиях глобализации мировой экономики. В настоящее время Байкальский регион осуществляет активную внешнеэкономическую деятельность, которая имеет важное значение для его социально-экономического развития. Доля региона в общем объёме внешней торговли Российской Федерации составляет 1,6 % (в экспорте – 1,9, импорте – 1,0 %). Байкальский регион является экспортно-ориентированным, однако в товарной структуре экспорта преобладают сырьевые группы товаров, что снижает положительный эффект от экспорта. При этом в среднесрочной перспективе развитие Байкальского региона по-прежнему будет связано с традиционными отраслями экономики и сохранением высокой доли сырьевых групп товаров в экспорте. Преодоление данной тенденции во внешней торговле Байкальского региона связано с активизацией торгово-экономического и инвестиционного сотрудничества со странами АТР и прежде всего с модернизацией энергетической, транспортной и приграничной инфраструктуры, а также развитием обрабатывающих производств и машиностроения, ориентированных на увеличение глубины переработки сырьевых ресурсов и экспорта готовой продукции. Создание новых экспортно ориентированных производств по глубокой переработке природных ресурсов позволит модернизировать обрабатывающий сектор экономики региона, окажет положительное влияние на изменение сложившейся сырьевой структуры экспорта, а также приведёт к увеличению налоговых отчислений в бюджеты всех уровней.

**Ключевые слова:** Иркутская область; Республика Бурятия; Забайкальский край; Байкальский регион; внешняя торговля; экспорт; импорт; международное сотрудничество

Nowadays the foreign trade of the Baikal Region is actively developing influencing socio-economic development of the region. The share of the region in the total trade turnover of the Russian Federation is 1,6 % (export – 1,9 %; import – 1 %). The article analyses modern specificity of the Baikal Region's foreign trade. It also contains general description of volume development and major trends in changing of import and export commodity structure of the Baikal Region according to the statistics of the Federal Customs Service (2010–2018) of the Baikal Region in export. In the medium-term perspective, the development of the Baikal Region will be influenced by the traditional industries and the dominance of raw materials in the commodity structure of export. The implementation of deep processing investment projects and export of finished goods is a prospective direction of the foreign trade development.

**Key words:** Irkutsk Region; Republic of Buryatia; Zabaikalsky Krai; Baikal Region; foreign trade; export; import; international cooperation

**В**ведение. Развитие внешней торговли на уровне субъектов Российской Федерации является одним из значимых направлений повышения международной конкурентоспособности России и интеграции национальной экономики в систему мирового хозяйства в условиях регионализации и глобализации мировой экономики [9; 15].

Обеспечение такого развития требует проведения модернизации экономики регионов на инновационной основе, направленной на качественное изменение товарной структуры внешней торговли, связанной с замещением сырьевых групп товаров – товарами с высокой долей добавленной стоимости в экспорте и снижением доли готовой продукции в импорте [4; 5].

Целью исследования является анализ современного состояния и выявление основных тенденций развития внешней торговли Байкальского региона для дальнейшей разработки рекомендаций по совершенствованию внешнеторговой деятельности региона.

Объектом исследования является внешняя торговля Байкальского региона на современном этапе своего развития.

Предметом исследования выступает внешнеторговое сотрудничество Байкальского региона как фактор социально-экономического развития территории.

*Методика исследования.* Работа выполнена с применением общенаучных методов исследования в рамках сравнительного, логического и статистического анализа, а также посредством анализа динамики товарной и географической структуры внешней торговли Байкальского региона.

Применение данных методов для проведения анализа статистических данных Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, Центрального банка Российской Федерации и Федеральной таможенной службы Российской Федерации за 2010–2018 гг. позволило выявить основные тенденции развития внешнеторговой деятельности Байкальского региона.

*Результаты исследования.* В состав Байкальского региона входит три субъекта Российской Федерации – Иркутская область, Республика Бурятия и Забайкальский край. Иркутская область относится к Сибирскому федеральному округу, Республика Бурятия и Забайкальский край – к Дальневосточному федеральному округу (Указ Президента

Российской Федерации № 632 от 03.11.2018 «О внесении изменений в перечень федеральных округов, утвержденный Указом Президента Российской Федерации № 849 от 13.05.2000». URL: <http://www.base.garant.ru/72096370> (дата обращения: 21.03.2019). Текст: электронный).

Площадь территории Байкальского региона – 1558,1 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 9,1 % территории России (в том числе Иркутская область – 767,9 тыс. км<sup>2</sup> (4,5 %), Забайкальский край – 431,9 тыс. км<sup>2</sup> (2,5 %) и Республика Бурятия – 351,3 тыс. км<sup>2</sup> (2,1 %) (Российский статистический ежегодник. 2018: Стат. сб. / Росстат. М., 2018. 694 с.).

Численность населения Байкальского региона (на 01.01.2019 г.) – 4446,9 тыс. человек (в том числе Иркутская область – 2398,6 тыс. человек (1,6 %), Республика Бурятия – 983,3 тыс. человек (0,7 %) и Забайкальский край – 1065,8 тыс. человек (0,7 %), что составляет 3,0 % населения России. Плотность населения – 2,9 человек на 1 км<sup>2</sup>. Удельный вес городского населения – 72,1 % (Российский статистический ежегодник. 2018: стат. сб. / Росстат. М., 2018. 694 с.).

Байкальский регион имеет административные границы с Красноярским краем, Республикой Тыва, Республикой Саха (Якутия) и Амурской областью, а также граничит с Китаем (АРВМ и Хэйлунцзян) и Монголией (Хубсугульский, Булганский, Селенгинский, Хэнтэйский и Восточный и аймаки). Протяженность государственной границы Российской Федерации, проходящей по территории Байкальского региона, составляет 3133,7 км (российско-монгольский участок – 2045,1 км и российско-китайский участок – 1088,6 км).

На территории Байкальского региона функционирует четырнадцать пунктов пропуска через государственную границу Российской Федерации (Министерство транспорта Российской Федерации. URL: <https://www.mintrans.ru/storage/app/media/perechen-punktov-propuska-20171512.pdf> (дата обращения: 19.03.2019). Текст: электронный). Четыре пункта пропуска расположены на российско-китайском участке границы в Забайкальском крае (автомобильные «Забайкальск», «Олочи» и «Староцурухайтуйский», а также железнодорожный «Забайкальск»). На российско-китайском участке государственной границы МАПП «Забайкальск–Маньчжурия» и ЖДПП «Забайкальск–

Маньчжурия» являются крупнейшими сухопутными пунктами пропуска. В перспективе возможно возобновить работы автомобильного пункта пропуска «Покровка», в том числе для нужд ООО «ЦПК «Полярная»». Шесть пунктов пропуска расположены на российско-монгольском участке границы, в том числе три на территории Республики Бурятия (автомобильные «Кяхта» и «Монды», а также железнодорожный «Наушки») и три на территории Забайкальского края (автомобильные «Верхний Ульхун» и «Соловьёвск», железнодорожный – «Соловьёвск»). Статус международного воздушного пункта пропуска имеют аэропорты в Иркутске, Братске, Улан-Удэ и Чите.

Транспортная инфраструктура Байкальского региона представлена Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожными магистралями. На территории Республики Бурятия участок Транссиба имеет ответвление на Монголию (сообщением «Улан-Удэ–Наушки»), а на территории Забайкальского края имеется ответвление на Китай (сообщением «Карымская–Забайкальск»).

Автомобильное сообщение обеспечивают федеральные трассы Р258 «Байкал» (сообщением «Иркутск–Улан-Удэ–Чита») и Р297 «Амур» (сообщением «Чита–Хабаровск»), а также автомобильные дороги федерального значения А333 (сообщением «Култук–Монды–граница с Монголией»), А340 (сообщением «Улан-Удэ–Кяхта–граница с Монголией») и А350 (сообщением «Чита–Забайкальск–граница с Китайской Народной Республикой»). Данные транспортные магистрали связывают Дальний Восток России с европейской частью страны, а также обеспечивают транзит грузовых потоков между Азиатско-Тихоокеанским регионом и Европой.

Уникальным природным объектом, расположенным на территории Байкальского региона, является оз. Байкал, в котором содержится около 20 % мировых запасов поверхностных пресных вод (23,6 тыс. км<sup>3</sup>), что накладывает определённые ограничения на ведение хозяйственной деятельности [3;10].

На территории Байкальского региона расположено значительное количество различных полезных ископаемых, среди которых топливно-энергетические ресурсы, нефрит, плавиковый шпат, цветные и редкие металлы, уран, железные руды и различное строительное сырьё. На его долю приходится до 95,0 % от общероссийских запасов неф-

рита, запасы флюорита составляют 59,0, цинка – 52,6, свинца – 39,1, серебра – 29,9, вольфрама – 29,8, золота – 28,3, урана – 26,8, меди – 23,5, редкоземельных металлов – 9,3, олова – 8,3, угля – 7,6 и железных руд – 4,2 % (Полезные ископаемые Дальнего Востока и Байкальского региона. URL: <https://www.nedradv.ru/nedradv/ru/resources> (дата обращения: 22.03.2019). Текст: электронный).

Байкальский регион располагает богатейшими запасами лесных ресурсов, объём которых оценивается в 14,0 млрд м<sup>3</sup>. На долю Иркутской области приходится 9,1 млрд м<sup>3</sup>, на Забайкальский край – 2,7 млрд м<sup>3</sup>, Республику Бурятия – 2,2 млрд м<sup>3</sup>. До 80 % территории, покрытой лесом, занимают хвойные леса. На территории региона расположено 12,1 млн га сельскохозяйственных угодий. На долю Забайкальского края приходится 7,6 млн га, Иркутской области – 2,4 млн га, Республику Бурятия – 2,1 млн га (Инвестиционный портал регионов России. URL: <https://www.investinregions.ru/regions> (дата обращения: 19.03.2019). Текст: электронный).

Установленная мощность энергосистемы Байкальского региона составляет 16089,7 МВт, в том числе Иркутская область – 13162,1 МВт (4 ГЭС – 9088,4 МВт и 15 ТЭЦ – 4073,7 МВт) (Министерство жилищной политики, энергетики и транспорта Иркутской области. URL: <http://www.irkobl.ru/sites/gkh> (дата обращения: 20.03.2019). Текст: электронный), Республика Бурятия – 1333,8 МВт (Гусиноозерская ГРЭС – 1130,0 МВт, Улан-Удэнская ТЭЦ-1 – 148,0 МВт и др.) (Официальный портал Республики Бурятия. URL: <http://www.egov-buryatia.ru> (дата обращения: 18.04.2019). Текст: электронный) и Забайкальский край – 1593,8 МВт (Харанорская ГРЭС – 665,0 МВт, Читинская ТЭЦ-1 – 452,8 МВт, ТЭЦ ППГХО – 410,0 МВт и др.). Энергосистема региона позволяет обеспечить потребность промышленных предприятий региона в электрической и тепловой энергии.

Байкальский регион занимает 2,2 % от общего объёма промышленного производства России (на долю Иркутской области приходится 1,8 %, Республики Бурятия – 0,2 % и Забайкальского края – 0,2 %), а также 2,3 % ВРП России (на долю Иркутской области приходится 1,6 %, Республики Бурятия – 0,3 %, Забайкальского края – 0,4 %) (Российский статистический ежегодник. 2018: стат. сб. / Росстат. М., 2018. 694 с.).

К наиболее крупным промышленным предприятиям (по объёму реализации продукции, работ и услуг) (Рейтинг 400 крупнейших компаний Сибири в 2017 году. URL: <http://www.expert.ru/ratings/rejting-400-krupnejshih-kompanij-sibiri-v-2017-godu> (дата обращения: 12.04.2019). Текст: электронный) относятся:

– Иркутская область – Верхнечонскнефтегаз, Иркутская нефтяная компания, РУСАЛ Братский алюминиевый завод, Иркутскэнерго, Иркутский авиационный завод, Ангарская нефтехимическая компания, Высочайший, Саянскимпласт, Коршуновский горно-обогатительный комбинат, ЗДК «Лензолото», Иркутский масложиркомбинат, Фармасинтез, Иркутсккабель, Ангарский завод полимеров, ЛДК «Игирма», Белореченское, Ангарский электролизный химический комбинат, Транссибирская лесная компания, Ангарский азотно-туковый завод, Кнауф Гипс Байкал и Братский завод ферросплавов;

– Республика Бурятия – разрез Тугнуйский, Улан-Удэнский авиационный завод, Бурятзолото, Тугнуйская обогатительная фабрика и Селенгинский ЦКК;

– Забайкальский край – ТГК-14, Приаргунское производственное горно-химическое объединение, Ново-Широкинский рудник, Разрез Харанорский и Арктические разработки (разрез «Апсатский»).

В настоящее время Байкальский регион осуществляет активную внешнеэкономическую деятельность, которая имеет большое значение для его социально-экономического развития. Доля региона в общем объёме внешней торговли России составляет 1,6 % (в экспорте – 1,9, и импорте – 1,0 %).

Объём прямых иностранных инвестиций в экономику Байкальского региона в 2017 г. составил 1,5 млрд долл. (около 1,0 % от общего объёма прямых иностранных инвестиций в экономику России) (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1  
Доля Байкальского региона в экономических показателях России \* /  
Share of the Baikal region in economic indicators of Russia \*

Показатель / Indicator	Россия / Russia	Байкальский регион / Baikal region	Доля, % / Share, %
Площадь территории, тыс. км <sup>2</sup> / Area of territory, thousand km <sup>2</sup>	17125,2	1558,1	9,1
Численность населения, млн чел. (2019) / Population, million people (2019)	146,8	4,4	3,0
Плотность населения, чел. км <sup>2</sup> / Population density, people per km <sup>2</sup>	8,6	2,8	–
Объём промышленного производства, трлн р. (2018) / Industrial production, trillion r. (2018)	69,1	1,5	2,2
Валовой региональный продукт, трлн р. (2017) / Gross regional product, trillion r. (2017)	74,9	1,7	2,3
ВРП на душу населения, тыс. р. (2017) / GRP per capita, thousand rubles (2017)	510,3	386,4	–
Внешнеторговый оборот, млрд долл. (2018) / Foreign trade turnover, billion dollars (2018)	688,1	11,1	1,6
Экспорт, млрд долл. (2018) / Exports, billion dollars (2018)	450,0	8,7	1,9
Импорт, млрд долл. (2018) / Imports, billion dollars (2018)	238,2	2,4	1,0
Прямые иностранные инвестиции, млрд долл. (2017) / Foreign direct investment, billion dollars (2017)	150,4	1,5	1,0

\*составлена по данным официальных сайтов Федеральной службы государственной статистики России (<http://www.gks.ru>), Федеральной таможенной службы России (<http://www.customs.ru>) и Центрального банка России (<https://www.cbr.ru>)

Выгодное географическое положение, значительные запасы природных ресурсов, развитый промышленный комплекс, автомобильные и железнодорожные магистрали с выходом на Монголию и Китай являются конкурентными преимуществами Байкальского региона и определяют его ориентацию на развитие международных и внешнеэкономических связей.

По итогам 2018 г. объём внешнеторгового оборота Байкальского региона составил 11,14 млрд долл. (на 22,2 % больше аналогичного показателя за 2017 г.), экспорта – 8,71 млрд долл., импорта – 2,42 млрд долл. Сальдо торгового баланса положительное и составляет +6,29 млрд долл. (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

*Динамика внешнеторгового оборота Байкальского региона, млрд долл. \* /  
Dynamics of the foreign trade turnover of the Baikal region, billion dollars \**

Показатель / Indicator	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
ВТО / WTO	7,79	9,46	10,90	11,45	10,78	9,75	8,03	9,11	11,14
Экспорт / Export	6,07	7,29	8,55	9,59	8,53	7,80	6,54	7,18	8,72
Импорт / Import	1,73	2,17	2,35	1,86	2,25	1,95	1,49	1,93	2,43
Сальдо / Balance	4,34	5,12	6,20	7,73	6,28	5,84	5,06	5,25	6,29

\* составлена по данным Сибирского таможенного управления (<http://www.stu.customs.ru>)

За 2010–2018 гг. отмечается увеличение объёмов внешней торговли Байкальского региона в 1,4 раза (с 7,79 до 11,14 млрд долл.) Вместе с тем, за 2013–2016 гг. произошло уменьшение стоимостного объёма экспорта на 23,3 % (с 9,5 до 6,5 млрд долл.) при одновременном увеличении его физического объёма. В связи со снижением стоимости национальной валюты по отношению к иностранным валютам, а также уменьшением покупательной способности и потребительского спроса произошло сокращение объёмов импорта на 33,9 % (с 2,2 до 1,5 млрд долл.).

В 2017–2018 гг. такие факторы как снижение курса рубля, проведение государственной политики, направленной на импортозамещение и поддержку экспорта, а также благоприятная конъюнктура на зарубежных рынках, положительно повлияли на конкурентоспособность российских товаров, что позволило российским производителям (с 6,5 до 8,7 млрд долл.) увеличить объёмы их производства и экспорта на 33,3 %. Объём импорта вырос на 63,2 % (с 1,5 до 2,4 млрд долл.). Положительное влияние на увеличение показателей внешней торговли оказало изменение методики ведения таможенного учёта России, в соответствии с которой с 2016 г. в общем объёме внешней торговли учитываются экспортно-импортные опера-

ции в рамках ЕАЭС (Армения, Белорусь, Казахстан, Киргизия).

В 2018 г. среди субъектов Байкальского региона по объёму внешнеторгового оборота на долю Иркутской области пришлось 81,7 (9,10 млрд долл.), Республики Бурятия – 9,5 (1,05 млрд долл.), Забайкальского края – 8,8 % (0,98 млрд долл.). В 2010–2018 гг. наибольшее увеличение объёмов внешнеторгового оборота произошло в Забайкальском крае – в 1,9 раза (с 0,51 до 0,98 млрд долл.). Внешнеторговый оборот Иркутской области увеличился в 1,4 раза (с 6,30 до 9,10 млрд долл.) и Республики Бурятия в 1,1 раза (с 0,97 до 1,05 млрд долл.).

По объёму экспорта на долю Иркутской области в 2018 г. пришлось 84,1 % (7,33 млрд долл.), Республики Бурятия – 10,9 % (0,95 млрд долл.) и Забайкальского края – 5,0 % (0,43 млрд долл.). За период 2010–2018 гг. наиболее увеличение объёмов экспорта произошло в Забайкальском крае – в 3,3 раза (с 0,13 до 0,43 млрд долл.). Экспорт Иркутской области вырос в 1,4 раза (с 5,11 до 7,33 млрд долл.) и Республики Бурятия в 1,2 раза (с 0,82 до 0,95 млрд долл.).

По объёму импорта на долю Иркутской области в 2018 г. пришлось 71,3 % (1,77 млрд долл.), Забайкальского края – 22,6 % (0,54 млрд долл.) и Республики Буря-

тия – 4,3 % (0,10 млрд долл.). В 2010–2018 гг. наибольшее увеличение объемов импорта произошло в Иркутской области – в 1,5 раза (с 1,19 до 1,77 млрд долл.). Импорт Забайкальского края вырос в 1,4 раза (с 0,37 до 0,54 млрд долл.). Импорт Республики Бурятия сократился в 0,7 раза (с 0,15 до 0,10 млрд долл.).

Традиционно положительное saldo торгового баланса характерно для Иркутской области (+5,56 млрд долл.) и Республики Бурятия (+0,84 млрд долл.) отрицательное для Забайкальского края (–0,11 млрд долл.).

Промышленная специализация Байкальского региона нашла своё отражение в товарной структуре экспорта [1; 10]. Основную долю в товарной структуре экспорта из Байкальского региона занимают сырьевые группы товаров – минеральные продукты (сырая нефть, каменный уголь, руда и концентраты цветных металлов) – 40,5 % от общего объема экспорта, лесоматериалы и целлюлоза – 35,0 %. Доля металлов и изделий из них составила 20,5 %, машиностроительная продукция – 1,8, продукция химической промышленности – 1,2, продовольственные товары – 0,8 %. На прочие товары пришлось 0,2 % (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

*Динамика товарной структуры экспорта Байкальского региона, %\* / Dynamics of the commodity structure of export of the Baikal region, % \**

Товарная группа / Product group	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Минеральные продукты / Mineral products	4,9	12,3	31,3	35,6	34,1	24,8	27,8	33,7	40,5
Древесина и целлюлозно-бумажные изделия / Wood and pulppaper products	38,8	38,4	30,5	28,8	33,7	31,6	35,4	38,7	35,0
Металлы и изделия из них / Metals and products from them	35,0	35,8	26,4	25,5	24,4	30,5	28,9	24,5	20,5
Продукция машиностроения / Engineering products	4,5	9,1	6,2	6,4	6,5	11,7	6,2	1,2	1,8
Продукция химической промышленности / Chemical products industry	6,1	1,3	1,1	0,8	0,6	0,7	0,6	0,8	1,2
Продовольственные товары и с/х сырье / Groceries and agricultural raw materials	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,8	0,9	0,8
Прочие товары / Other goods	10,1	2,5	3,7	2,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Всего / Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

\* составлена по данным официальных сайтов Федеральной службы государственной статистики России (<http://www.gks.ru>) и Сибирского таможенного управления (<http://www.stu.customs.ru>)

За 2010–2018 гг. увеличилась доля минеральных продуктов (с 4,9 до 40,9 %), продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья (с 0,6 до 0,8 %) в общем объеме экспорта из Байкальского региона, а также уменьшение доли древесины и целлюлозно-бумажных изделий (с 38,8 до 35,0 %), металлов и изделий из них (с 35,0 до 20,5 %), машиностроительной продукции (с 4,5 до 1,8 %) и продукции химической промышленности (с 6,1 до 1,2 %).

Основу товарной группы «минеральные продукты» (3,5 млрд долл.) составляет сырая

нефть – 65,7 % (2,4 млрд долл.), которая добывается на месторождениях севера Иркутской области (ООО «ИНК», АО «ВЧНГ» и ЗАО НК «Дулисьма»), каменный уголь – 23,4 % (0,8 млрд долл.), добываемый на месторождениях Иркутской области (ООО «Компания «Востсибуголь» и др.), Республики Бурятия (АО Разрез Тугнуйский, ООО «Бурятуголь» и др.) и Забайкальского края (ООО «Арктические разработки», АО «Разрез Харанорский», ООО «Читауголь» и ООО «Разрез Уголь»), а также концентраты свинцовые, цинковые, железные и медные – 7,9 % (0,3 млрд долл.),



поставляемые из Забайкальского края (ГРК «Быстринское», ООО «Байкалруд» и др.).

В 2018 г. объём экспорта древесины и целлюлозно-бумажных изделий из Байкальского региона составил 3,1 млрд долл. Из них на долю целлюлозно-бумажной продукции пришлось 42,4 %. Основными производителями целлюлозы, бумаги и картона на территории Байкальского региона являются АО «Группа «Илим»» (Братский целлюлозно-картонный комбинат и Усть-Илимский ЛПК) и ОАО «Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат» [1]. В Забайкальском крае компанией со 100 % китайским капиталом ООО «ЦПК «Полярная»» ведётся строительство Амазарского целлюлозного комбината в рамках реализации инвестиционного проекта «Создание ЛПК в северо-восточных районах Забайкальского края» (планируемый объём выпуска небелёной целлюлозы до 400,0 тыс. т в год).

Металлургическое производство Байкальского региона представлено в основном предприятиями алюминиевой промышленности Иркутской области (Братский и Иркутский алюминиевые заводы) на долю которых

приходится 97,1 % (1,7 млрд долл.) экспорта металлов и изделий из них (в основном не-обработанный алюминий и проволока).

Сокращение экспортных поставок машиностроительной продукции связано с тем, что основной объём экспорта данной товарной группы представлен продукцией ОПК, производимой в основном Иркутским авиационным заводом и АО «Улан-Удэнский авиационный завод» и характеризуется нерегулярностью поставок [14].

Сложившаяся структура импорта Байкальского региона связана с особенностями современного экономического развития Иркутской области, Республики Бурятия, Забайкальского края и их местом в экономике России [6].

В 2018 г. основными товарными группами в импорте являются: продукция химической промышленности – 43,5, машиностроительная продукция – 28,9, продовольственные товары и сельскохозяйственное сырьё – 13,3 %, на долю металлов и изделий из них приходится – 4,0, минеральных продуктов – 2,7, на прочие товары – 0,2 % (табл. 4).

Таблица 4 / Table 4

*Динамика товарной структуры импорта Байкальского региона, %\* /  
Dynamics of the commodity structure of imports of the Baikal region, % \**

Товарная группа / Product group	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Продукция химической промышленности / Chemical products industry	35,5	23,4	26,5	23,1	35,2	43,0	47,5	41,2	43,5
Продукция машиностроения / Engineering products	24,8	42,0	41,5	34,6	29,9	28,6	20,4	26,1	28,9
Продовольственные товары и с/х сырьё / Groceries and agricultural raw materials	13,8	12,0	11,4	17,3	15,7	17,2	18,1	17,5	13,3
Металлы и изделия из них / Metals and products from them	8,4	8,5	8,8	12,1	8,7	4,2	5,5	5,3	4,0
Минеральные продукты / Mineral products	6,3	6,2	4,8	5,6	2,2	3,1	3,1	3,9	2,7
Прочие товары / Other goods	11,2	7,8	6,9	7,3	8,3	3,3	4,6	5,0	6,6
Всего / Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

\* составлена по данным официальных сайтов Федеральной службы государственной статистики России (<http://www.gks.ru>) и Сибирского таможенного управления (<http://www.stu.customs.ru>)

За 2010–2018 гг. увеличилась доля продукции химической промышленности (с 35,5 до 43,5 %), машиностроительной продукции (с 24,8 до 28,9 %) в общем объёме импорта Байкальского региона, уменьшилась доля продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья (с 13,8 до 13,3 %), металлов и изделий из них (с 8,4 до 4,0 %), минеральных продуктов (с 6,3 до 2,7 %).

Импортируемая продукция химической промышленности представлена в основном сырьём для алюминиевой промышленности (глиноземом), расположенной в Иркутской области (Братский и Иркутский алюминиевые заводы). По завершении строительства Тайшетского алюминиевого завода объёмы поставок возрастут. Поставщиками являются Австралия, Индия, Казахстан, Гвинея и ряд других стран.

Продукция машиностроения представлена широкой номенклатурой товаров. Наи-

более крупными поставщиками являются Китай, США, Япония и Германия.

В связи с климатическими особенностями, а также недостаточным уровнем развития сельского хозяйства Байкальский регион не обеспечивает себя в полной мере продуктами питания, в связи с чем в товарной структуре импорта велика доля продовольственных товаров. Основными поставщиками являются Китай, Украина, Узбекистан, Беларусь, Казахстан, Таджикистан.

По итогам 2018 г., на страны СНГ пришлось 7,6 % (0,85 млрд долл.) от общего объёма внешнеторгового оборота, на страны дальнего зарубежья – 92,4 % (10,28 млрд долл.). Основными внешнеторговыми партнёрами региона стали Китай (53,5 % от общего объёма внешнеторгового оборота), Япония – 8,1, Швейцария – 5,9, Украина – 5,4 и Южная Корея – 4,1 % (табл. 5).

Таблица 5 / Table 5

*Динамика внешнеторгового оборота Байкальского региона с некоторыми странами мира, % \* /  
Dynamics of the foreign trade turnover of the Baikal region with certain countries of the world, % \**

Страна / Country	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Китай / China	33,7	41,5	38,9	33,3	42,1	50,6	53,5
Япония / Japan	18,8	15,8	18,7	11,9	10,7	9,1	8,1
Швейцария / Switzerland	4,2	2,4	2,1	1,1	2,1	0,1	5,9
Украина / Ukraine	1,5	1,3	5,0	4,3	3,9	4,5	5,4
Южная Корея / South Korea	6,6	6,0	5,1	6,4	3,6	3,5	4,1
США / USA	10,1	9,9	1,7	2,5	5,3	7,5	2,4
Нидерланды / Netherlands	1,3	3,1	4,0	7,3	2,7	1,6	2,1
Австралия / Australia	2,0	1,4	1,4	2,1	1,4	1,2	1,3
Германия / Germany	1,4	1,2	1,9	1,6	0,9	0,8	1,1
Италия / Italy	0,4	0,4	0,6	1,3	1,3	1,0	1,1
Тайвань / Taiwan	0,7	0,5	0,6	1,4	1,3	1,5	1,1
Индия / India	0,4	0,2	0,6	0,9	1,3	0,8	1,0
Монголия / Mongolia	1,3	2,6	1,7	0,9	1,1	1,1	1,0
Узбекистан / Uzbekistan	2,1	2,3	2,2	1,1	0,7	0,8	0,8
Малайзия / Malaysia	0,1	0,1	0,3	0,4	1,4	0,4	0,7
Прочие страны / Other countries	15,5	11,3	15,2	23,5	20,2	15,5	10,4
Всего / Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

\* составлена по данным Сибирского таможенного управления (<http://www.stu.customs.ru>)

В 2018 г. Иркутская область осуществляла торговые операции с 99 странами мира, Республика Бурятия – с 60 странами, Байкальский край – с 56 странами. При этом более 80 % внешнеторгового оборота Байкальского края приходится на Китай.

За 2012–2018 гг. во внешнеторговом обороте Байкальского региона увеличилась доля Китая (с 33,7 до 53,5 %), Швейцарии (с 4,2 до 5,9 %) и Украины (с 1,5 до 5,4 %) и снизилась доля Японии (с 18,8 до 8,1 %), Южной Кореи (с 6,6 до 4,1 %), США (с 10,1 до 2,4 %), Монголии (с 1,3 до 1,0 %), Узбекистана (с 2,1 до 0,8 %).

Китайская Народная Республика традиционно является основным внешнеторговым партнёром Байкальского региона, её доля в общем объёме внешней торговли региона имеет положительную динамику [13]. В настоящее время доля Байкальского региона в общем объёме российско-китайской внешней торговли составляет 5,5 % (в экспорте – 8,9, в импорте – 1,9 %).

Внешняя торговля является важной составляющей социально-экономического развития Байкальского региона и характеризуется следующими особенностями:

– Байкальский регион является экспортно ориентированным. За 2010–2018 гг. среднегодовая доля экспорта во внешнеторговом обороте региона составила 79,5 импорта – 20,5 %, в связи с чем в регионе сформировалось устойчивое положительное сальдо внешнеторгового баланса (в том числе в торговле с Китаем);

– в товарной структуре экспорта Байкальского региона преобладают сырьевые группы товаров. За 2010–2018 гг. среднегодовая доля товарной группы древесина и целлюлозно-бумажные изделия в общем объёме экспорта составила – 34,5, металлы и изделия из них – 27,9, минеральные продукты – 27,2, продукция машиностроения – 6,0, продукция химической промышленности – 1,5 %;

– в товарной структуре импорта Байкальского региона преобладают сырьё для алюминиевой промышленности, продукция машиностроения и продовольствие. За 2010–2018 гг. среднегодовая доля товарной группы «продукция химической промышленности» в общем объёме импорта составила 35,4, продукция машиностроения – 30,8, продовольственные товары и сельскохозяй-

ственное сырьё – 15,1, металлы и изделий из них – 7,3, минеральные продукты – 4,2 %;

– во внешнеторговом обороте Байкальского региона преобладают страны Азиатско-Тихоокеанского региона (Китай, Япония, Южная Корея, США, Австралия, Тайвань, Индия и др.), доля которых составляет более 70 % от общего объёма внешней торговли;

– основным внешнеторговым партнёром Байкальского региона является Китайская Народная Республика. Среднегодовая доля Китая во внешнеторговом обороте региона за 2010–2018 гг. составила 41,0, в экспорте – 40,0, в импорте – 44,6 %).

*Заключение.* В настоящее время доля Байкальского региона в экономических показателях Российской Федерации является незначительной, так как, по сравнению с достаточно большой территорией (9,1 %) и численностью населения (3,0 %), на долю Байкальского региона приходится 2,2 % от общего объёма промышленного производства и 1,6 % внешнеторгового оборота России (1,9 % экспорта и 1,0 % импорта) [12].

Экспортная ориентация является важной для экономического развития Байкальского региона. Однако товарная структура экспорта, представленная преимущественно сырьём, снижает положительный эффект от экспорта [15]. Экспорт сырьевых ресурсов является неэффективным, так как негативно сказывается на структуре национального хозяйства, ограничивает развитие несырьевых отраслей экономики и в итоге снижает экономический потенциал регионов. Кроме того, сырьевой экспорт является зависимым от конъюнктуры цен на мировых рынках сырья. Данная модель успешно функционирует в условиях роста мировой экономики, но крайне уязвима в условиях экономической рецессии и усилении волатильности на мировых товарных рынках, а также введения против страны-экспортёра экономических санкций [11].

Вместе с тем, по прогнозам экспертов, последующее развитие Байкальского региона будет основано на традиционных отраслях экономики, а также дальнейшем вовлечении новых месторождений полезных ископаемых в хозяйственный оборот, что в свою очередь повлечёт за собой сохранение значительной доли сырья в региональном экспорте [4; 7; 9].

Байкальский регион обладает значительными запасами природных ресурсов, использование которых за счёт реализации на

территории региона совместных экспортно-ориентированных инвестиционных проектов по комплексной переработке сырья и роста экспорта готовой продукции с высокой долей добавленной стоимости позволит диверсифицировать товарную структуру экспорта, в том числе с Китаем [15].

Преодоление негативных тенденций во внешней торговле Байкальского региона связано с активизацией торгово-экономического и инвестиционного сотрудничества со странами АТР, прежде всего с развитием экспорта готовой продукции, модернизацией энергетической, транспортной и приграничной инфраструктуры [5; 13].

В этой связи важным направлением развития экономики Байкальского региона является модернизация традиционных отраслей специализации (нефтехимии, лесопереработки и металлургии) и создания новых производств по глубокой комплексной переработке (в сфере газо- нефте- и углехимии, горнорудной промышленности и других отраслях), а также сохранение высокой доли продукции машиностроения в экспорте.

Перспективным направлением развития машиностроительного комплекса Байкальского региона, на территории которого расположены такие предприятия как Иркутский авиационный завод, АО «Улан-Удэнский авиационный завод» и 810 Авиационный ремонтный завод, может стать организация производства в рамках реализации совместных проектов по созданию перспективных образцов авиационной техники.

Развитие транспортно-логистической инфраструктуры Байкальского региона связано с созданием единого транспортно-логистического пространства в рамках реализации инфраструктурного проекта России и Китая: «Сопряжение проектов строительства Евразийского экономического союза и Экономического пояса Шёлкового пути».

Расширение несырьевого экспорта, наряду с развитием перерабатывающей промышленности, связано с реализацией совместных с Китаем проектов в сфере сельского хозяйства [2]. Поскольку продовольственные товары продолжают оставаться основной товарной группой в импорте из Китая в целях обеспечения продовольственной безопасности региона, целесообразно создание предприятий по производству продуктов питания, в первую очередь экологически чистых. Кроме того, снятие существующих на китайском рынке торговых ограничений для российских сельхозпроизводителей позволит нарастить экспорт сельскохозяйственной продукции из Байкальского региона.

Изменение внутриэкономической политики России, направленной на реструктуризацию производственной сферы Сибири и Дальнего Востока для повышения доли инновационной продукции с высокой степенью передела, а также ухода от сырьевой структуры экспорта и производственно-потребительского характера импорта, позволит повысить качество внешнеэкономической деятельности.

#### Список литературы

1. Анохов И. В. Братско-Усть-Илимский ТПК как ориентир для реиндустриализации Сибири // Вестник Уральского федерального университета: Экономика и управление. 2017. Т. 16, № 1. С. 8–26.
2. Багайников М. Л. Байкальский регион и АТР: перспективы развития взаимодействия в продовольственной сфере // Азиатско-тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2014. Т. 16, № 1–2. С. 17–28.
3. Батуев А. Р., Дугарова Г. Б. Развитие Республики Бурятия с учетом экологических ограничений в Байкальском регионе // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 12. С. 287–292.
4. Мага А. А., Макаренко Т. Д., Вигандт Л. С. Инновационное развитие Забайкальского края как ключевой фактор повышения конкурентоспособности региона // Вестник Читинского государственного университета. 2011. № 4. С. 10–15.
5. Минакир П. А. Ожидания и реалии политики «поворота на Восток» // Экономика региона. 2017. Т. 13, № 4. С. 1016–1029.
6. Намжилова В. О. Внешнеторговые связи Байкальского региона на современном этапе // Вестник Бурятского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. 2018. № 2. С. 141–145.
7. Обутверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона»: постановление Правительства Рос. Фед. от

15.04.2014 г. № 308 – Доступ из СПС «Консультант Плюс». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_96571](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_96571) (дата обращения: 07.04.2019). Текст: электронный.

8. Обутверждении Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года: Распоряжение Правительства Рос. Фед. от 28.12.2009 г. № 2094-р – Доступ из СПС «КонсультантПлюс». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_96571](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_96571) (дата обращения: 07.04.2019). Текст: электронный.

9. Россия – Сибирь 2050: глобальные тренды и «окна возможностей»: аналитический доклад / под ред. В. С. Ефимова. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. 88 с.

10. Суходолов А. П. Байкальский регион как модельная территория устойчивого развития // *Baikal-Research Journal*. 2010. № 4. С. 103–108.

11. Суходолов А. П., Козырская И. Е., Кузьмин Ю. В. Экономические риски российской экономики и национальные интересы в треугольнике Россия – Монголия – Китай // Евразийский интеграционный проект: цивилизационная идентичность и глобальное позиционирование: материалы международного Байкальского форума / под науч. ред. Е. Р. Метелевой. Иркутск, 2018. С. 395–402.

12. Цыренова Е. Д., Бордоев Д. Г., Цыренов А. Р. Байкальский регион в экономическом и социальном развитии России // *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления*. 2015. № 4. С. 107–112.

13. Шалак А. В. Россия и Китай: возможности стратегического сотрудничества через призму региональных связей // *Известия Байкальского государственного университета*. 2017. Т. 27, № 2. С. 292–297.

14. Шаралдаева И. А., Сыренова С. Б. Анализ внешнеэкономической деятельности региона (на примере Республики Бурятия) // *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления*. 2016. № 6. С. 153–157.

15. Popkova E. G., Sukhodolov Y. A. Foreign Trade as a Vector of Economic Growth in the Globalizing World // *Foreign Trade as a Factor of Economic Growth. Contributions to Economics*. Cham: Springer, 2017. P. 25–45.

## References

1. Anokhov I. V. *Vestnik Uralskogo federalnogo universiteta: Ekonomika i upravlenie* (Bulletin of the Ural Federal University: Economics and Management), 2017, vol. 16, no. 1, pp. 8–26.

2. Bagaynikov M. L. *Aziatsko-tihookeanskiy region: ekonomika, politika, pravo* (Asia-Pacific Region: economy, politics, law), 2014, vol. 16, no. 1–2, pp. 17–28.

3. Batuev A. R., Dugarova G. B. *Vestnik Irkutskogo Gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Irkutsk State University), 2013, no. 12, pp. 287–292.

4. Maga A. A., Makarenko T. D. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Chita State University), 2011, no. 4, pp. 10–15.

5. Minakir P. A. *Ekonomika regiona* (Economy of the region), 2017, vol. 13, no. 4, pp. 1016–1029.

6. Namzhilova V. O. *Vestnik Buryatskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk* (Bulletin of the Buryat Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences), 2018, no. 2, pp. 141–145.

7. *Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii "Sotsialno-ekonomicheskoe razvitiye Dalnego Vostoka i Baiyalskogo regiona": Postanovlenie Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 15.04.2014 no. 308; Konsultant Plyus* (On approval of the state program of the Russian Federation "Social and Economic Development of the Far East and the Baikal Region: Decree of the Government of the Russian Federation dated by April 15, 2014, no. 308); Consultant Plus). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_96571](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_96571) (Date of access: 07.04.2019). Text: electronic.

8. *Ob utverzhdenii Strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Dalnego Vostoka i Baiyalskogo regiona na period do 2025 goda: Rasporyazhenie Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 28.12.2009 no. 2094, Konsultant Plyus* (On approval of the Strategy for the socio-economic development of the Far East and the Baikal region for the period until 2025: Order of the Government of the Russian Federation dated by 12.28.2009 No. 2094; Consultant Plus). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_96571](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_96571) (Date of access: 07.04.2019). Text: electronic.

9. *Rossiya – Sibir 2050: globalnye trendy i «okna vozmozhnostey»: analiticheskiy doklad* (Russia – Siberia 2050: global trends and "windows of opportunity": analytical report); ed. V. S. Efimova. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2018. 88 p.

10. Sukhodolov A. P. *Baikal Research Journal* (Baikal Research Journal), 2010, no. 4, pp. 103–108.

11. Sukhodolov A. P., Kozyrskaya I. E., Kuzmin Yu. V. *Evraziyskiy integratsionny proekt: tsivilizatsionnaya identichnost iglobalnoe pozitsionirovanie Materialy Mezhdunarodnogo Baykalskogo foruma* (Eurasian integration project: civilizational identity and global positioning Materials of the International Baikal Forum); ed. E. R. Meteleva. Irkutsk, 2018, pp. 395–402.

12. Tsyrenova E. D., Bordoiev D. G., Tsyrenov A. R. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tehnologiy i upravleniya* (Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management), 2015, no. 4, pp. 107–112.

13. Shalak A. V. *Izvestiya Baykalskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Baikal State University), 2017, vol. 27, no. 2, pp. 292–297.

14. Sharaldaeva I. A., Syrenova S. B. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tehnologiy i upravleniya* (Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management), 2016, no. 6, pp. 153–157.

15. Popkova E. G., Sukhodolov Y. A. *Foreign Trade as a Factor of Economic Growth. Contributions to Economics* (Foreign Trade as a Factor of Economic Growth. Contributions to Economics). Cham: Springer, 2017, pp. 25–45.

#### Коротко об авторе

#### Briefly about the author

Суходолов Яков Александрович, канд. экон. наук, доцент кафедры мировой экономики, предпринимательства и гуманитарных дисциплин, Читинский институт (филиал) Байкальского государственного университета, г. Чита, Россия. Область научных интересов: мировая экономика, внешняя торговля, российско-китайские отношения  
yakov.sukhodolov@gmail.com

*Yakov Sukhodolov*, candidate of economic sciences, associate professor, World Economy department, Entrepreneurship and Humanities of the Chita Institute of Baikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interest: world economy, foreign trade, Russian-Chinese relations

#### Образец цитирования

Суходолов Я. А. Внешняя торговля Байкальского региона: современное состояние и основные тенденции развития // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 131–142. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-131-142.

*Sukhodolov Ya. Foreign Trade of the Baikal Region: Current State and Major Trends of Development // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no. 7, pp. 131–142. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-131-142.*

Статья поступила в редакцию: 19.06.2019 г.

Статья принята к публикации: 03.09.2019 г.

---

---

**Перечень требований и условий публикации статей в научном журнале  
«Вестник Забайкальского государственного университета»**

**1. Правила публикации статей в журнале**

1.1. Материал, предлагаемый для публикации, должен являться оригинальным, неопубликованным ранее в других печатных изданиях. Рекомендованный объем статьи – 0,5...1 печ. л. (8...16 с.). Публикация статьи платная – 335 р. за одну страницу машинописного текста (интервал 1,5; размер шрифта – 14). Оплата производится после утверждения текста статьи редакционным советом. Для сотрудников ЗабГУ, аспирантов и докторов всех вузов публикация статей – за счет средств университета. Почтовые услуги за пересылку авторского экземпляра составляют 200 р. (реквизиты для оплаты можно найти по ссылке [http://zabgu.ru/php/page.php?query=rekvizity%27\\_zabgu](http://zabgu.ru/php/page.php?query=rekvizity%27_zabgu) в платеже необходимо отметить «за услуги РИК»). Копию квитанции об оплате высылать на электронный адрес [rik-romanova-chita@mail.ru](mailto:rik-romanova-chita@mail.ru).

1.2. Редакционная коллегия оставляет за собой право на научное и литературное редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта. За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор. Присланные рукописи авторам не возвращаются.

1.3. Редакция научного журнала «Вестник Забайкальского государственного университета» осуществляет независимое рецензирование статей. Статья, направленная автору на доработку, должна быть возвращена в редакцию (с пометкой «исправленная») в течение 10 дней, в противном случае она будет отклонена. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается заново.

1.4. Материалы статьи предоставляются:

- а) по электронной почте: [rik-romanova-chita@mail.ru](mailto:rik-romanova-chita@mail.ru);
- б) на почтовый адрес: 672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30, Забайкальский государственный университет, редакция журнала «Вестник Забайкальского государственного университета»;
- в) непосредственно в редакцию (корпус 01, каб. 320).

По вопросам публикации статей обращаться к главному редактору журнала – Романовой Нелли Петровне – по тел.: (3022) 21-88-73; факс (3022) 41-64-44; E-mail: [rik-romanova-chita@mail.ru](mailto:rik-romanova-chita@mail.ru)

**2. Комплектность и форма предоставления авторских экземпляров**

2.1. Предоставляемые материалы должны содержать:

- научное направление;
- шифр УДК;
- фамилию, имя, отчество автора (соавторов) (полностью) (на русском и английском языках);
- название статьи (на русском и английском языках);
- аннотацию – 200–250 слов (на русском и английском языках). В аннотации должны быть отражены: предмет, тема, цель работы; метод или методология проведения работы; результаты работы и область их применения; выводы. По аннотации читатель должен определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации;
- ключевые слова или словосочетания – не менее 10 (на русском и английском языках);
- основную часть. Текст статьи должен иметь следующую структуру: введение; методология и методика исследования; результаты исследования и область их применения; выводы.
- список литературы (не более чем 5-летней давности) 15 источников (правила оформления см. в п. 2.4);
- сведения об авторе (авторах): фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, занимаемая должность, место работы, город, страна, контактный телефон и e-mail, почтовый адрес с индексом (для отправления журнала) (на русском и английском языках);
- научные интересы автора (авторов) (на русском и английском языках);
- цветную фотографию автора (авторов) на белом фоне (деловой стиль) в электронной версии в формате \*.JPG, \*.BMP или \*.TIFF, размер файла до 1 МВ;
- рецензию научного руководителя, консультанта или специалиста, занимающегося темой заявленного исследования (оригинальная или электронная версия);
- экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати (сканированная копия) (образец – на сайте [www.zabgu.ru](http://www.zabgu.ru));
- результат оригинальности текста, проверенного на плагиат желательнее в системе «Антиплагиат» ([info@antiplagiat.ru](mailto:info@antiplagiat.ru)) (необходимо предоставить сведения об оригинальности текста).

2.2. Общие правила оформления текста

Статью на электронном носителе следует сохранять под именем, соответствующим фамилии первого автора, набирается в программе Microsoft Office Word.

Рекомендуется соблюдать следующие установки:

Параметры страницы: верхнее и нижнее поля – 2,5 см, левое – 3 см, правое – 1 см; ориентация – книжная; перенос – автоматический. Абзацный отступ – 1,25 см. Нумерация страниц – на нижнем поле. Шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,5. Формат бумаги – А4.

---

Для акцентирования элементов текста рекомендуется использовать курсив. Выделение текста жирным шрифтом и подчеркивание не допускается.

### 2.3. Формулы, рисунки, таблицы

При использовании формул (кроме заголовка статьи и аннотации) рекомендуется применять Microsoft Equation 3 при установках: элементы формулы – курсивом; для греческих букв и символов – шрифт Symbol, для остальных элементов – Times New Roman (использование букв русского алфавита в формуле нежелательно). Размер символов: обычный – 14 пт, крупный индекс – 10 пт, мелкий индекс – 7 пт, крупный символ – 18 пт, мелкий символ – 14 пт. Экспозиции элементов формул в тексте следует оформлять в виде формул. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов рекомендуется приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Формулы следует нумеровать порядковой нумерацией арабскими цифрами в круглых скобках, например,  $A = a \cdot v$ , (1). Ссылки в тексте на порядковые номера формул оформляют в скобках, например, ... в формуле (1).

Рисунки необходимо выполнять с разрешением 300 dpi; предоставлять в виде отдельных файлов с расширением \*.JPG, \*.BMP, \*.TIFF и распечаткой на бумаге формата А4 с указанием имени файла. Изображения должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Схемы и графики выполнять во встроенной программе MS Word или в MS Excel с предоставлением исходного файла. Рисунки следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, он не нумеруется. Рисунки необходимо предоставлять в цветном виде. Название рисунков должно быть на русском и английском языках.

Таблицы должны иметь тематические и нумерационные заголовки и ссылки на них в тексте. Тематические заголовки должны отражать их содержание, быть точными, краткими, размещены над таблицей. Таблицу следует располагать непосредственно после абзаца, в котором она упоминается впервые. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы; при необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Текстовое оформление таблиц в электронных документах: шрифт Times New Roman или Symbol, 12 кегль. Таблицы не нужно прикреплять в отдельных документах. Заголовок и содержание таблиц предоставлять на русском и английском языках. Английская версия содержания таблиц оформляется через слэш (/).

### 2.4. Список литературы

Ссылки на источники в тексте статьи следует оформлять в квадратных скобках в соответствии с нумерацией в списке литературы, который для оригинальной статьи – не менее 10 источников.

Список литературы необходимо составлять в алфавитном порядке. Алфавитный порядок ссылок нумеруется. Не допускается выносить ссылки из текста вниз полосы. В списке литературы не должно быть наименований учебной литературы, диссертаций и литературы без авторства (конституция, законы, о них только говорится в тексте). Самоцитирование не допускается. В списке должно быть не менее двух источников на иностранном языке.

Список литературы предоставлять в двух вариантах: на русском языке (ГОСТ 7.0.5. – 2008. Библиографическая ссылка), а также НЕОБХОДИМО повторять русскоязычный список литературы полностью в романском алфавите (для зарубежных баз данных), согласно следующим требованиям:

– авторы (транслитерация), название источника (транслитерация, курсивом; в круглых скобках перевод на английский язык), выходные данные с обозначениями на английском языке либо только цифровые. Заглавия статей опускаются, т.к. в аналитической системе они не используются (достаточно указать название журнала) (подробная информация оформления библиографического списка см. на сайте [www.zabgu.ru](http://www.zabgu.ru)).

Пример описания статьи из журналов:

Polyanchikov Yu.N., Bannikov A.I., Kurchenko A.I. Vestn. Saratovsk. Gos. Tekhn. Univ. (Saratovsk State Technical University), 2007, no. 1 (23), P. 21-24.

Материалы конференций:

Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z., Muhametshina R.Ju., Chervyakova A.N., Sveshnikov A.V. Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma «Novye resursoberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi» (Proc. 6th Int. Technol. Symp. "New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact"). Moscow, 2007, P. 267-272.

Книги (монографии, сборники, материалы конференций в целом):

Nenashev M.F. Poslednee pravitel'stvo SSSR [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p.

Ссылка на Интернет-ресурс:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

### 2.5. Правила транслитерации

На сайте <http://www.translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не отвечающие указанным требованиям.



# ВЕСТНИК

## ЗАБАЙКАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

---

---

2019

Том 25. № 7

Главный редактор Н. П. Романова  
Литературный редактор С. А. Большешапова  
Технический редактор И. В. Петрова  
Подписано в печать 27.09.2019  
Дата выхода в свет 10.10.2019  
Форм. бум. 60 x 84 1/8  
Печать цифровая  
Уч.-изд. л. 13,0  
Тираж 500 экз. (1-й з-д 1–100 экз.)

Бум. тип. № 2  
Гарнитура основного  
текста «Pragmatica»  
Усл. печ. л. 16,9  
Заказ № 19156

---

Отпечатано в ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»

---

672039, Забайкальский край, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, 30