

ISSN 0536-1028

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

# ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

6  
2017



# УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**ВАЛНЕР Нияз Гадым-оглы**

*д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**ГОРДЕЕВ Виктор Александрович**

*д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**ДОНДОВ Дорж**

*д-р техн. наук, проф., Монгольский государственный университет науки и технологий,  
г. Улан-Батор, Монголия*

**ДРЕБЕНШТЕДТ Карстен**

*д-р техн. наук, проф., Фрайбергская горная академия, г. Фрайберг, Германия*

**ДУШИН Алексей Владимирович**

*д-р экон. наук, доц., Технический университет УГМК, г. Екатеринбург*

**ИГНАТЬЕВА Маргарита Николаевна**

*д-р экон. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**КАЛМЫКОВ Вячеслав Николаевич**

*д-р техн. наук, проф., Магнитогорский государственный технический университет, г. Магнитогорск*

**КАРТОЗИЯ Борис Арнольдович**

*д-р техн. наук, проф., Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*

**КАШНИКОВ Юрий Александрович**

*д-р техн. наук, проф., Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь*

**КОЗИН Владимир Зиновьевич**

*д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**КОРНИЛКОВ Михаил Викторович — главный редактор**

*д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**КОСАРЕВ Николай Петрович**

*д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**КОСОЛАПОВ Александр Иннокентьевич**

*д-р техн. наук, проф., Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*

**ЛАПИН Эдуард Самуилович**

*д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**ЛАТЫШЕВ Олег Георгиевич — зам. главного редактора**

*д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**ЛИТВИНЕНКО Владимир Стефанович**

*д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург*

**МАХНО Дмитрий Евсеевич**

*д-р техн. наук, проф., Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск*

**МОЧАЛОВА Людмила Анатольевна**

*д-р экон. наук, доц., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**ПАНКРАТЕНКО Александр Никитович**

*д-р техн. наук, проф., Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*

**ПЕТРОВ Вадим Леонидович**

*д-р техн. наук, проф., Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*

**ПИВНЯК Геннадий Григорьевич**

*д-р техн. наук, акад. НАН, Национальный горный университет, г. Днепрпетровск, Украина*

**ПУЧКОВ Лев Александрович**

*д-р техн. наук, член-корр. РАН, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*

**СЁМИН Александр Николаевич**

*д-р экон. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**СТРОВСКИЙ Владимир Евгеньевич**

*д-р экон. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

**ТОПАЛОВ Станислав Йорданов**

*д-р техн. наук, доц., Университет горного дела и геологии Св. Иоанна Рыльского, г. София, Болгария*

**ТРЫБАЛЬСКИЙ Казимеж**

*д-р техн. наук, проф., Научно-технический университет им. С. Сташица, г. Краков, Польша*

**ШЕВЧЕНКО Леонид Андреевич**

*д-р техн. наук, проф., Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово*

**ЯКОВЛЕВ Виктор Леонтьевич**

*д-р техн. наук, член-корр. РАН, Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург*

# ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Научно-технический журнал. Издаётся с 1958 года

Выходит 8 раз в год

№ 6, 2017

12+

*Кафедре геодезии и кадастров УГГУ – 100 лет*

## СОДЕРЖАНИЕ

### К ЮБИЛЕЮ КАФЕДРЫ ГЕОДЕЗИИ И КАДАСТРОВ

<i>Кленко В. Л., Коновалов В. Е.</i> Николай Георгиевич Келль – первый заведующий кафедрой геодезии.....	4
<i>Коновалов В. Е.</i> Второе рождение. Кафедре геодезии и кадастров УГГУ – 100 лет.....	8

<b>РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ</b> <i>Котяшев А. А., Корнилков М. В., Русских А. П.</i> Изучение и оценка структурных изменений при взрывном разрушении скальных массивов в динамике развития асбестовых карьеров.....	17
--	----

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<i>Трушина Г. С.</i> Основные пути эффективного развития предприятий угольной промышленности Кузбасса.....	25
--	----

<b>ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ. ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ</b> <i>Кубарев М. С., Стровский В. Е., Балащенко В. В.</i> Классификация техногенно-минеральных образований как условие управления отходами.....	31
<i>Коновалов В. Е., Колчина Н. В., Колчина М. Е.</i> Особенности подготовки документов для государственного кадастрового учета единого недвижимого комплекса горнодобывающего предприятия.....	42
<i>Бедрина С. А., Ершова Т. Л., Черниченко Е. А.</i> Создание и ведение информационных ресурсов градостроительной деятельности на уровне муниципального образования.....	50
<i>Головина Е. М., Германович Ю. Г.</i> Обзор проблем земельного надзора в районах с развитой горнодобывающей промышленностью.....	55

### БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

<i>Морин А. С., Корзухин И. В.</i> Тепловая подготовка приточного воздуха при трубопроводном проветривании карьера.....	60
---	----

### СТРОИТЕЛЬСТВО ШАХТ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

<i>Колчина М. Е.</i> Назначение технической оценки объектов капитального строительства на подработанных территориях.....	73
--	----

### МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ

<i>Акулова Е. А., Титов М. О.</i> Методы получения пространственных данных в современных условиях.....	79
--	----

---

---

## ЭКОЛОГИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

<i>Амосов П. В., Бакланов А. А., Маслобоев В. А.</i> Результаты оценки загрязнения атмосферы при пылении хвостохранилища (на базе трехмерного моделирования).....	87
---	----

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ

<i>Зобнин Б. Б., Боровков В. А.</i> Обоснование критериев управления развитием рудничной компрессорной установки .....	95
--	----

## РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД. БУРОВЗРЫВНОЕ ДЕЛО

<i>Бовин К. А., Гилев А. В.</i> Обоснование рациональных режимных параметров бурения горных пород долотами режуще-вращательного действия.....	101
---	-----

## ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

<i>Гуляев А. Н.</i> Область возможного возникновения очагов ощутимых землетрясений на Среднем Урале.....	109
--	-----

# CONTENTS

## TO THE ANNIVERSARY OF THE DEPARTMENT OF GEODESY AND CADASTRES

<i>Klepko V. L., Konovalov V. E.</i> Nikolai Georgievich Kell' – the first head of the Department of Geodesy.....	4
<i>Konovalov B. E.</i> New birth. 100 years anniversary of the Department of Geodesy and Cadastres of the Ural State Mining University.....	8

## DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS AND TECHNOGENOUS FORMATIONS

<i>Kotiashev A. A., Kornilkov M. V., Russkikh A. P.</i> Study and evaluation of structural changes in blasting disintegration of rock massif in the development dynamics of asbestos stone-pits.....	17
--	----

## REGIONAL PROBLEMS OF MINING

<i>Trushina G. S.</i> The basic ways of efficient development of Kuzbass coal mining enterprises ....	25
---	----

## ECONOMICS, ORGANIZATION AND MANAGEMENT. LEGAL MATTERS OF SUBSOIL USE

<i>Kubarev M. S., Strovskii V. E., Balashenko V. V.</i> The classification of technogenic-mineral formations as a condition of waste management .....	31
<i>Konovalov V. E., Kolchina N. V., Kolchina M. E.</i> Peculiarities of documents preparation for the state cadastral registration of a mining enterprise unified immovable complex .....	42
<i>Bedrina S. A., Ershova T. L., Chernichenko E. A.</i> Creation and maintenance of information resources of town planning at the level of municipal unit.....	50
<i>Golovina E. M., Germanovich Iu. G.</i> Review of land control problems in the areas with developed mining industry.....	55

## MINING SAFETY

<i>Morin A. S., Korzukhin I. V.</i> Thermal treating of incoming air under the pipeline open pit ventilation .....	60
--	----

## CONSTRUCTION OF SHAFTS AND UNDERGROUND STRUCTURES

<i>Kolchina M. E.</i> Assignment of engineering assessment of capital construction objects.....	73
---	----

## MINE SURVEYING AND GEODESY

<i>Akulova E. A., Titov M. O.</i> The methods of acquiring spatial data in modern conditions.....	79
---	----

## ECOLOGY OF MINING

<i>Amosov P. V., Baklanov A. A., Masloboev V. A.</i> The results of the assessment of the atmosphere pollution under the tailing storages dusting (on the basis of 3D modeling) .....	87
---	----

---

---

**GEOINFORMATIONAL SYSTEMS AND MODELS**

*Zobnin B. B., Borovkov V. A.* The substantiation of mining compressor installation development management criteria ..... 95

**DESTRUCTION OF ROCKS. DRILLING-AND-BLASTING OPERATIONS**

*Bovin K. A., Gilev A. V.* Justification of rational operating parameters of rock drilling with rotary-cutting drill bits ..... 101

**APPLIED MINING GEOLOGY, HYDROGEOLOGY AND GEOPHYSICS**

*Guliaev A. N.* Area of possible generation of the focuses of sensible earthquakes in the Middle Urals ..... 109

-----

**ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В «ПЕРЕЧЕНЬ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ,  
В КОТОРЫХ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ  
ДИССЕРТАЦИЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК,  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК»  
(письмо Минобрнауки РФ от 1 декабря 2015 года № 13-6518)**

УДК 622:528

### НИКОЛАЙ ГЕОРГИЕВИЧ КЕЛЛЬ – ПЕРВЫЙ ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ ГЕОДЕЗИИ

КЛЕПКО В. Л., КОНОВАЛОВ В. Е.

*Статья посвящена выдающемуся ученому Николаю Георгиевичу Келлю, основоположнику важных разделов геодезии (создание координатной основы выполнения топографо-геодезических работ и фотограмметрия), крупному организатору учебного процесса высшего образования на Урале в Уральском горном институте, в котором он в 1917 году создал кафедру геодезии, а с 1919 по 1921 год был ректором, и в городе Петрограде (Ленинграде), где он с 1922 по 1953 год руководил кафедрой геодезии.*

*Ключевые слова: Уральский горный институт; кафедра геодезии; крупный ученый-геодезист; Камчатская экспедиция; фотограмметрия.*



История кафедры геодезии берет начало в октябре 1917 года. На восьмом заседании Совета института 8(21) октября будущий заведующий кафедрой геодезии и ректор института, исполняющий обязанности профессора Н. Г. Келль доложил о приобретении геодезических приборов и о содержании учебной программы по геодезии, положившей начало геодезическому образованию специалистов горного дела [1]. Так создателем лаборатории геодезии, а затем заведующим кафедрой геодезии стал Николай Георгиевич Келль.

Н. Г. Келль родился 20 января 1883 года в семье безземельного эстонского крестьянина в селе Петрово Торопецкого уезда Псковской губернии. Его спо-

собности обнаружили в школьном возрасте, когда он сам прилежно учился и оказывал помощь своим сверстникам в подготовке к экзаменам, и развивались по мере накопления жизненного опыта [2].

В 1903 году после окончания Великолукского реального училища двадцатилетний Николай Келль блестяще выдерживает трудные конкурсные экзамены и поступает в Петербургский горный институт, который окончит только в 1915 году. Этот двенадцатилетний период был наполнен революционной и трудовой деятельностью.

---

**Клепко Владлен Лазаревич** – доцент кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

**Коновалов Владимир Ефимович** – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: vek-1951@mail.ru

В 1905 году Н. Келль участвует в студенческих волнениях и в знак протеста против реакционной политики правительства оставляет учебу в институте и уезжает на родину. В 1906 году он попадает в тюрьму за антиправительственную деятельность среди крестьян. После освобождения из тюрьмы в 1908 году произошло событие, резко изменившее дальнейшую жизнь Н. Г. Келля.

К этому времени русский путешественник Федор Павлович Рябушинский (1886–1910) предложил Императорскому Русскому Географическому обществу организовать экспедицию по полному и всестороннему изучению и описанию Камчатки. Такая экспедиция состоялась на средства Ф. П. Рябушинского в 1908–1910 годах.

В состав геологического отряда экспедиции, на которую было возложено картографическое описание Камчатки, вошел двадцатипятилетний геодезист Николай Келль. За три летних сезона он прошел пешком и проехал на лошади маршрут от мыса Лопатка – крайней южной точки полуострова – до залива Корфа в северной его части [3].

В этот период Н. Г. Келль выполнил многие сотни геодезических измерений и их тщательную обработку, проявил большое трудолюбие и изобретательность в применении новых приемов съемки обширной вулканической области в труднодоступной местности и сложных погодных условиях. Здесь он приобщается к научной работе, разрабатывает методы графического уравнивания маршрутных триангуляций, участвует в закладке основ применения фотограмметрии в географии и геодезии. Впоследствии он публикует работу «Карты вулканов Камчатки», и в честь его заслуг в 1946 году одному из вулканов Камчатки присваивается имя Н. Г. Келля.

После окончания учебы в Петербургском горном институте в 1915 г. Н. Г. Келль определяется в г. Екатеринбург на аффинажный завод (аффинаж – металлургический процесс получения высокочистых благородных металлов), где работает помощником управляющего, а затем правительственным пробирером (пробирер – чиновник, наблюдающий на заводах и рудниках за правильностью определения пробы благородных металлов).

В 1917 году, увлекшись стремлением к научной и педагогической работе, он участвует в конкурсе и избирается штатным преподавателем геодезии в Уральском горном институте, одновременно возглавляя Коллегию по триангуляции Урала.

Сложная политическая и военная обстановка в стране, захват белочехами Екатеринбурга в конце июля 1918 года нарушили весь учебный процесс в институте и привели к его эвакуации. В июле 1919 года половина профессорско-преподавательского состава института вместе с ректором П. П. Веймарном уехали во Владивосток.

Оставшиеся в Екатеринбурге преподаватели и сотрудники включились в труднейшую борьбу за сохранение Уральского горного института. В ноябре 1919 года состоялись первые выборы ректора, им стал Николай Георгиевич Келль, однако на этой должности он состоял только до июня 1920 года. После включения института в состав Уральского университета Н. Г. Келль по январь 1921 года был директором УГИ, а затем один год – деканом геологоразведочного факультета. Практическая геодезическая деятельность Н. Г. Келля связана именно с Уралом. В 1920 году Николай Георгиевич, будучи ректором горного института, возглавлял маркшейдерско-геодезический отдел Уральского горного комитета, а в 1922 году являлся одним из организаторов Уральского съезда геодезистов, топографов и картографов, на котором были намечены задачи реконструкции геодезических сетей Урала. С 1922 года Н. Г. Келль является действительным членом Географического общества СССР.

В начале 1922 года по приглашению своего учителя профессора В. И. Баумана Н. Г. Келль уезжает в Петроград, в Горный институт. В стенах этого института он руководил кафедрой геодезии с 1922 до 1953 года и создал наиболее фундаментальные работы, поставившие его в ряд крупнейших ученых-геодезистов [4].

В 1930 году Николай Георгиевич публикует книгу «Координаты Гаусса-Крюгера и их применение». Всего по проблеме внедрения системы плоских прямоугольных координат с участием Н. Г. Келля опубликовано более 20 работ.

Велико значение трудов Н. Г. Келля в области фотограмметрии. Книга «Фотография и фотограмметрия», выпущенная в 1937 году [5], содержит глубокие разработки геометрических и теоретических основ этого важного раздела геодезии.

Исследования ученого по применению аэрофотосъемки в геологическом и крупномасштабном картировании местности, стереофотосъемки в горном деле при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом, а также исследования применения аэрометодов для решения прикладных задач геодезии, геологии, географии получили признание и нашли применение в производстве [6].

Весьма оригинальны работы Николая Георгиевича по применению метода линий положения в уравнивательных вычислениях, при анализе и оценке точности геодезических построений и определении положения пунктов. В книге «Графический метод в действиях с погрешностями положения», изданной АН СССР в 1948 году [7], содержательно изложены вопросы, которые Н. Г. Келль начал разрабатывать в молодые годы во время участия в Камчатской экспедиции.

В качестве руководителя и активного участника учебного процесса Н. Г. Келль добивался выполнения принципа единства теории и практики, которое нашло отражение в двухтомном учебном пособии «Высшая геодезия и геодезические работы», изданном в 1932–1933 годах [8].

В поселке Вышегород Псковской области по инициативе Николая Георгиевича и под его руководством созданы едва ли не лучший в стране учебный геодезический полигон и база для проведения различных геодезических практик.

С 1931 по 1936 год Н. Г. Келль работает в организованном академиком А. Е. Ферсманом Институте аэросъемки. С этого времени разработка аэрометодов становится главной темой его исследований.

С 1947 по 1965 год Н. Г. Келль возглавлял Лабораторию аэрометодов геологических исследований АН СССР, которая в основном определила историю развития аэрокосмических методов геологических исследований в нашей стране.

На протяжении многих лет Н. Г. Келль поддерживал связь с Уралом. Под его руководством с 1926 по 1930 год проводились геодезические работы на горе Магнитной и на Северном Урале, создавалось маркшейдерско-геодезическое обоснование для разработки Баженовского месторождения хризотил-асбеста и многих других важных промышленных объектов.

В знак признания научных заслуг Н. Г. Келля в 1936 году ему – первому из советских геодезистов – присуждается ученая степень доктора технических наук без защиты диссертации.

В 1946 году Николай Георгиевич Келль избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1957 году ему присвоено почетное звание Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, в 1962 году избран Почетным членом Географического общества СССР.

Н. Г. Келлем подготовлено десять докторов наук и четырнадцать кандидатов наук.

Николай Георгиевич вел большую общественную работу. В 1920–1921 годах он избирался депутатом городского и губернского Советов в г. Екатеринбурге, в 1927–1930 годах был депутатом городского и районного Советов в г. Ленинграде.



В честь признания заслуг в подготовке горных инженеров и научных достижений Н. Г. Келль награжден орденом Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени и многими медалями СССР.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филатов В. В. Быть по сему: очерки по истории Уральского государственного горного университета (1914–2014). (1720–1920). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. 684 с.
2. Белолоиков А. Н. Николай Георгиевич Келль // Изв. вузов. Горный журнал. 1985. № 12. С. 1–5.
3. Вейхман В. Сомнерова линия // Уральский следопыт. 2002. № 7. С. 4–7.
4. Келль Н. Г. Избранные труды. М.: Недра, 1964. 311 с.
5. Келль Н. Г. Фотография и фотограмметрия. Л., М.: ОНТИ, 1937. 355 с.
6. Аэрофотосъемка – метод изучения природной среды: сб. статей / отв. ред. Б. Н. Можаяев. Л.: Наука, 1973. 190 с.
7. Келль Н. Г. Графический метод в действиях с погрешностями и положениями. М.: Изд. АН СССР, 1948. 236 с.
8. Келль Н. Г. Высшая геодезия и геодезические работы. Л., М.: Новосиб. гос. горное изд-во. Ч. I. 1932. 483 с., Ч. II. 1933. 507 с.

Поступила в редакцию 16 мая 2017 года

#### NIKOLAI GEORGIEVICH KELL' – THE FIRST HEAD OF THE DEPARTMENT OF GEODESY

**Klepko V. L., Kononov V. E.** – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: vek-1951@mail.ru

The article is dedicated to Nikolai Georgievich Kell', the distinguished scholar, the founder of important sections of geodesy (the creation of coordinate foundation for the performance of surveying and photogrammetry), the outstanding organizer of educational process of higher education in the Urals at the Ural Mining Institute, where he founded the Department of Geodesy in 1917, and from 1919 to 1921 was a rector, and in Petrograd (Leningrad), where he led the Department of Geodesy from 1922 to 1953.

**Key words:** the Ural Mining Institute; the Department of Geodesy; outstanding scholar-surveyor; Kamchatka expedition; photogrammetry.

#### REFERENCES

1. Filatov V. V. *Byt' po semu: ocherki po istorii Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta (1914–2014). (1720–1920)* [So it be. An outline of the history of the Ural State Mining University (1914–2014). (1720–1920)]. Ekaterinburg, UrSMU Publ., 2014. 684 p.
2. Belollikov A. N. [Nikolai Georgievich Kell']. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 1985, no. 12, pp. 1–5. (In Russ.)
3. Veikhman V. [The Sumner line]. *Ural'skii sledopyt – Ural Pathfinder*, 2002, no. 7, pp. 4–7. (In Russ.)
4. Kell' N. G. *Izbrannye trudy* [Selected works]. Moscow, Nedra Publ., 1964. 311 p.
5. Kell' N. G. *Fotografiia i fotogrammetriia* [Photography and photogrammetry]. Leningrad, Moscow, ONTI Publ., 1937. 355 p.
6. *Aerofotos"emka – metod izucheniiia prirodnoi sredy: sb. statei. Otv. red. B. N. Mozhaev* [Collection of articles “Aerial photography – the method of studying natural environment”. Edited by B. N. Mozhaev]. Leningrad, Nauka Publ., 1973. 190 p.
7. Kell' N. G. *Graficheskii metod v deistviakh s pogreshnostiami i polozheniami* [Graphic methods when dealing with faults and locations]. Moscow, AS USSR Publ., 1948. 236 p.
8. Kell' N. G. *Vysshaia geodeziia i geodezicheskie raboty* [Higher geodesy and geodetic survey]. Leningrad, Moscow, Novosib. gos. gornoe izd-vo Publ., Pt. I, 1932. 483 p., Pt. II, 1933. 507 p.

УДК 378:528

## ВТОРОЕ РОЖДЕНИЕ. КАФЕДРЕ ГЕОДЕЗИИ И КАДАСТРОВ УГГУ – 100 ЛЕТ

КОНОВАЛОВ В. Е.

*Юбилейная статья посвящена истории становления и развития кафедры геодезии и кадастров Уральского государственного горного университета. Обсуждаются итоги и перспективы развития, материального обеспечения, методической и научно-исследовательской работы кафедры, ее общественные и спортивные достижения.*

*Ключевые слова: Уральский государственный горный университет; кафедра геодезии и кадастров; перспективы развития.*



Уральский горный институт был открыт в октябре 1917 года. С первых дней его существования достойное место в учебном процессе заняло геодезическое образование горных инженеров. На заседании Совета вуза будущий заведующий кафедрой геодезии и ректор института профессор Н. Г. Келль изложил содержание учебной программы по геодезии, ставшей основой подготовки специалистов горного дела. В октябре 1917 года одной из первых 14 кафедр стала кафедра

геодезии, при которой был создан геодезический кабинет [1, 2].

Первым заведующим кафедрой геодезии стал профессор Н. Г. Келль, который возглавлял ее с 1917 по 1919 год, а затем был избран ректором института. В 1917–1918 учебном году курс геодезии прослушало 15 студентов. Штат кафедры состоял из четырех преподавателей (Н. Г. Келль, Ф. Ф. Павлов, И. П. Мазин, Б. К. Смирнов). Несмотря на трудности тех лет, уже к 1921 году кафедра была оснащена геодезическими приборами, а в связи с недостатком учебников профессор Н. Г. Келль подготовил и опубликовал конспекты лекций по геодезии и теории ошибок. Учебная геодезическая практика проводилась в районе поселков Уктус и Елизавет г. Екатеринбург и в Шадринском уезде.

В эти годы по рекомендации Н. Г. Келля к работе на кафедре геодезии по совместительству приступил инженер-геодезист Ф. Ф. Павлов [2], получивший геодезическое образование в Московском межевом институте в 1918 году и имеющий опыт практической геодезической деятельности. Он занимался топографическими съемками в г. Саратове и принимал участие в создании геодезической сети г. Москвы методом триангуляции. В 1927 году Ф. Ф. Павлов руководил работами по созданию Уральской маркшейдерской триангуляции, а в 30-е годы уделял большое внимание топографо-геодезическому обеспечению строящихся промышленных предприятий Урала (промплощадки Уралмаша, Уралвагонзавода, Нижнетагильского металлургического комбината). К выполнению этих работ

---

**Коновалов Владимир Ефимович** – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: vek-1951@mail.ru

привлекались наиболее подготовленные студенты. Благодаря небольшому финансированию производственных работ продолжалось оснащение кафедры геодезическими приборами.

В период с 1920 по 1925 год Горный институт входил в состав Уральского государственного университета, а с 1925 по 1930 год – Уральского политехнического института на правах горного факультета. С 1930 года и по настоящее время Горный институт существует как самостоятельное высшее учебное заведение.

В последующем в разные периоды времени кафедрой геодезии заведовали: с 1933 по 1944 год – Ф. Ф. Павлов, с 1944 по 1961 год – доцент И. А. Блашкевич, с 1961 по 1973 год – доцент В. К. Лебедева, с 1973 по 1975 год – доцент В. Н. Ростовцев, с 1976 по 1998 год – профессор М. А. Блюмин, с 1998 по 2013 год – доцент В. Е. Коновалов, в настоящее время кафедрой заведует доцент Ю. В. Лебедев.

С самого начала своей деятельности преподаватели и сотрудники кафедры активно занимались производственной и научно-исследовательской деятельностью [3]. Под руководством Ф. Ф. Павлова и при непосредственном участии коллектива преподавателей выполнялись работы для строящихся промышленных предприятий Урала, исследовались геодезические приборы с выдачей рекомендаций по их грамотному использованию. В период Великой Отечественной войны наряду с обучением студентов кафедра вела геодезические работы на горных



Ф. Ф. Павлов ведет занятия по геодезии, 1930 год

предприятиях Урала. В 50-е годы под руководством И. А. Блашкевича была продолжена триангуляция Ревда–Нижний Тагил, реконструированы опорные сети на Березовском и Ольховском месторождениях. В 1978 году выполнена аэрофото съемка карьеров комбината «Ураласбест», а начиная с 1977 года кафедра принимает участие в научных исследованиях Уральского филиала АН по изучению современных вертикальных движений земной коры Урала, в результате чего подготовлена монография [4].

Тематика научных исследований кафедры в последнюю четверть XX века значительно расширилась: велась разработки стереокинофотограмметрического метода определения параметров быстропротекающих процессов и движущихся объектов, исследование геометрии крановых путей в условиях действующих предприятий, разработка фотограмметрического определения положения движу-

щихся объектов при разведочных и горных работах на прибрежных морских россыпях и были решены многие другие вопросы использования геодезии и фотограмметрии в горном деле.

С 1973 года решением Головного совета по геодезии и Научно-технического совета по геодезии Министерства высшего образования РСФСР кафедре поручается издание ежегодного межвузовского тематического сборника «Геодезия и фотограмметрия в горном деле», который выходил 20 лет (выпущено 20 сборников) и перестал издаваться в 1993 году из-за прекращения финансирования.



В. К. Лебедева на геодезической практике,  
1957 год

В 1977 году в связи с расширением фотограмметрического цикла и началом научно-исследовательских работ для горных предприятий в области фотограмметрии уточнено название кафедры – она стала называться кафедрой геодезии и фотограмметрии [3].

В 1946 году усилиями доцента И. А. Блашкевича институт и кафедра обрели постоянную базу для проведения геодезической учебно-методической практики в 110 км от Свердловска, в Сухоложском районе (в настоящее время территория базы используется для проведения учебной геологической практики).

В 1976–1977 годах стараниями профессора М. А. Блюмина кафедрой был оформлен земельный участок в пос. Уктус г. Екатеринбурга для создания новой базы учебно-методической практики с учебным и исследовательским геодезическим полигоном.

В 1978–1980 годах проводится модернизация лаборатории фотограмметрии, кафедра переходит к освоению и применению современных оптических геодезических приборов нового поколения.

Начало 90-х годов прошлого века сопровождается в России переходом к новой экономике с формированием принципиально иных земельно-имущественных отношений. Начатая земельная реформа потребовала изменения форм учета и регистрации прав на земельные участки, а при переходе на новые рельсы экономики возникла необходимость нового оформления документов на здания и сооружения. Развитие российского законодательства требовало обеспечения создаваемой государственной системы по управлению земельными ресурсами квалифицированными специалистами.

Начало 90-х годов прошлого века сопровождается в России переходом к новой экономике с формированием принципиально иных земельно-имущественных отношений. Начатая земельная реформа потребовала изменения форм учета и регистрации прав на земельные участки, а при переходе на новые рельсы экономики возникла необходимость нового оформления документов на здания и сооружения. Развитие российского законодательства требовало обеспечения создаваемой государственной системы по управлению земельными ресурсами квалифицированными специалистами.

Так на кафедре появилась новая специальность – городской кадастр. В 1998 году состоялся первый набор студентов, а кафедра геодезии и фотограмметрии стала выпускающей кафедрой. Состав кафедры был представлен базовыми преподавателями геодезии, фотограмметрии и маркшейдерии: доктором технических наук М. А. Блюминым, кандидатом технических наук Е. А. Акуловой, кандидатом технических наук В. Е. Коноваловым, а также Г. П. Козиной, М. К. Свистуновым, М. О. Синегубовой, О. Б. Ермохиной, Е. В. Жильцовой, Ю. П. Лис.

Новая и неизученная область направления подготовки специалистов по государственному учету и регистрации прав на недвижимое имущество требовала специфических профессиональных знаний, поэтому первое время кафедру выручали специалисты с производства, среди них главный инженер института

УралНИИгипрозем И. В. Никонова, начальник отдела государственной оценки недвижимости Г. А. Повалихин, директор Областного БТИ Л. Г. Лебедева, начальник отдела Управления Роснедвижимости по Свердловской области Н. С. Габдулхаева и др. Постепенно сотрудники кафедры набирались опыта, приходили преподаватели с производственным стажем: геодезисты, картографы, фотограмметристы, информатики, экономисты, математики, градостроители,



М. К. Свистунов ведет занятия по фотограмметрии на стереокомпараторе

специалисты по строительству: З. Е. Уланова, Т. Л. Ершова, М. Е. Колчина, В. Л. Клепко, В. П. Жигульский, Н. Ф. Коршунова, С. А. Бедрина, Ю. Г. Германович, Е. М. Головина. К 2001–2003 годам на кафедре сформировался коллектив профессионалов, способный самостоятельно реализовать учебный план подготовки специалистов по всем дисциплинам [5].

Преподавательский состав кафедры обновляется с приходом молодых специалистов. С 2007 года на кафедре остаются лучшие выпускники, среди них: Т. М. Кузнецова, Ю. И. Храмцова, Ю. С. Тушина (Борисова), Т. М. Сапунова, М. А. Крюкова (Бойкова), Е. В. Шипилова, Д. А. Шихлаев, А. В. Головина (Токарева), Н. В. Колчина.

В период с 2000 по 2013 год преподаватели кафедры прошли обучение на курсах повышения квалификации и курсах по применению информационных продуктов, принимали участие в международных и российских форумах, съездах, конференциях ГИС-ассоциации, CREDO-ДИАЛОГ и семинарах, проводимых УралНИИгипрозем, Уралгеоинформ и другими профильными организациями. В 2005 году в свете предпринятого Министерством экономического развития и торговли РФ и Федерального агентства кадастра объектов недвижимости РФ взаимодействия и обмена опытом в сфере кадастровых отношений с ведущими вузами стран Евросоюза заведующий кафедрой доцент В. Е. Коновалов в составе делегации от вузов УМО по образованию в области землеустройства и кадастров, сформированной Государственным университетом по землеустройству, посетил Королевский технический институт (г. Стокгольм), где в форме диалога и обучения проходили встречи с ведущими профессорами в этой сфере деятельности.



В 2014 году защищена кандидатская диссертация (М. Е. Колчина) по направлению «Экономика и управление народным хозяйством (землеустройство)» в государственном университете по землеустройству (г. Москва).

Для обучения студентов геодезическим дисциплинам имеется техническая база, представленная парком современных геодезических приборов, специализированной аудиторией и учебным геодезическим полигоном «Уктус» для прохождения учебной практики. Для обучения студентов информационным продуктам на базе кафедры создан компьютерный класс, включающий 10 ПЭВМ современ-



В. Е. Коновалов в Королевском техническом институте (г. Стокгольм),  
2005 год

ного уровня. Кафедра осуществляет подготовку студентов в области компьютерных и ГИС-технологий по лицензионным программным продуктам. Для проведения профильных занятий по картографии и фотограмметрии, землеустройству, градостроительству и кадастру созданы специализированные аудитории.

В этот период у кафедры сложились плодотворные отношения с профильными организациями, в частности, были заключены договоры о сотрудничестве с Комитетом по земельным ресурсам и землеустройству Свердловской области, УралНИИгипроземом, ЗАО «Геостройизыкания». Тесные дружественные и деловые отношения сложились с НПО CREDO-ДИАЛОГ (Республика Беларусь), в результате чего на базе кафедры сформирован учебно-консультационный центр в сфере обучения различным программным продуктам CREDO. Руководит центром сертифицированный специалист, кандидат технических наук, доцент Е. А. Акулова. Кафедра непосредственно взаимодействует через своих представителей в составе коллегии с Ассоциацией СРО НП «Межрегиональный союз кадастровых инженеров», Уральским филиалом НП «Союз геодезистов и картографов Сибири и Урала», входит в состав УМС России по образованию в области землеустройства и кадастров.

В период с 1998 по 2017 год кафедра готовила специалистов по специальностям «Городской кадастр» (1998–2016) [6] и «Земельный кадастр» (2005–2015), с 2011 года выпускает бакалавров по направлению «Землеустройство и кадастры» по профилю «Кадастр недвижимости» по всем формам обучения: очной, заочной,

заочно-ускоренной. Кроме того, в 2004 году кафедра открыла актуальную специальность по подготовке кадров среднего звена – техников по специальности «Градостроительный кадастр», а в 2011 году в соответствии с новыми положениями градостроительного законодательства – «Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности» [7]. В 2004 году кафедрой получена лицензия на научную специальность 25.00.26 «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель», а в 2016 году аккредитовано направление 05.06.01 «Науки о Земле» по направлению «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель» для подготовки кадров высшей квалификации.

С целью отображения специфики кафедры решением Ученого совета университета в 2007 году было утверждено новое название кафедры – геодезии и кадастров.

Кафедра подготовлена к выпуску многогранных специалистов в области землеустройства и кадастров. Уровень и качество подготовки выпускников отмечены профессиональным сообществом – представителями Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Свердловской области, филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральная кадастровая палата Росреестра» по Свердловской области, Федерального государственного унитарного предприятия «Ростехинвентаризация – Федеральное БТИ», Свердловского областного государственного унитарного предприятия «Областной центр недвижимости» и др.

За период с 2003 года (первый выпуск инженеров по специальности «Городской кадастр») по 2016 год кафедрой выпущено 375 специалистов-инженеров очного обучения и 251 – заочного обучения (из них 71 специалист имеет диплом с отличием), 36 бакалавров (6 – дипломы с отличием), а также 206 специалистов-техников очного обучения, 26 – заочного обучения (из них 17 имеют дипломы с отличием).

Достижением кафедры можно считать укомплектованность государственных учреждений профильными специалистами – выпускниками кафедры, 80 выпускников стали кадастровыми инженерами, многие трудятся в коммерческих фирмах, открыли свои индивидуальные и частные предприятия.

С 1992 года кафедра выполняет госбюджетные научно-исследовательские работы по программам Министерства высшего и среднего образования России по реконструкции опорных маркшейдерских геодезических сетей крупных горных предприятий на рекуррентной основе и разработке геоинформационных систем определения и исследования деформации земной поверхности, фундаментов зданий и сооружений на подработанных территориях городов Урала. В 1994 году на кафедре защищена кандидатская диссертация (Е. А. Акулова).

Кафедра продолжает лучшие традиции в научно-исследовательской деятельности, участвует в госбюджетных научно-исследовательских работах по геоин-



М. Е. Колчина и студенты на градостроительной практике в г. Ростов Великий

формационному моделированию объектов горнопромышленного комплекса (совместно с кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом).

В 2003 году кафедра получает грант на выполнение учебно-методических работ по Федеральной целевой программе «Интеграция науки и высшего образования России на 2002–2006 годы».

В это время кафедра активно выполняет научно-практические работы по заказам предприятий и органов местного самоуправления Свердловской области:

по наблюдениям за деформациями жилых зданий в г. Екатеринбурге, по межеванию земель ЗАО «КМК» (г. Кировград), объектов МУП «Водоканал» (г. Новоуральск), большого комплекса работ (топографо-геодезических, градостроительных, землеустроительных, кадастровых) в ЗАТО «Свободный».

В научной деятельности кафедры появились новые научные направления: земельно-имущественные отношения и рациональное землепользование в горнопромышленных комплексах; кадастровые отношения; градостроительное зонирование в населенных пунктах на территориях, подверженных вредному влиянию горных работ.

Преподаватели кафедры активно участвуют в форумах, конгрессах, конференциях, семинарах разного уровня, в том числе с докладами; кафедрой проведены 4 конференции (в 2004, 2007, 2012 и 2016 годах). По материалам научных исследований опубликовано более 100 статей, 4 монографии.

С 1998 года по новым направлениям выпущено 24 учебных пособия (из них два – с грифом УМО), более 30 учебно-



Учебная геодезическая практика на Уктусе, 2006 год (ГК-04)

методических изданий. Приобретены учебники и учебные пособия по основным дисциплинам новых специальностей, ежегодно выписываются профильные периодические издания. В 2012 году старшим преподавателем Н. В. Колчиной оформлен сайт кафедры.

Студенты кафедры принимают активное участие в научной, общественной и спортивной жизни университета. В 2006 году за доклады на секции Уральской горнопромышленной декады (УГПД) студенты 3-го и 4-го курсов Д. Ю. Ковин (ГК-02), Н. В. Колчина (ГК-03) и С. В. Шутов (ГК-02) получили 1-е и 2-е места. В 2007 году на базе кафедры сформирована секция «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель», где студенты кафедры выступают с сообщениями о результатах своих научных и практических исследований. В рамках УГПД с 2016 года студенты принимают участие в олимпиадах и CASE-IN.

Традиционно кафедра участвует в ежегодных конкурсах студенческих выпускных квалификационных работ I-го тура в г. Екатеринбурге, II-го тура (регионального) в г. Перми и III-го тура (Всероссийского) в г. Москве, занимая призовые места. В 2010 году студентка М. А. Крюкова (гр. ЗК-05) во II-м туре получила



диплом 1-й степени, а в III-м туре – диплом 2-й степени, студентка Э. И. Калимуллова (гр. ЗК-06) в 2011 году в III-м туре получила диплом 1-й степени, а студент Д. А. Балашов (гр. ГК-07) в 2012 году – 2-й степени. В 2013 году в г. С.-Петербурге во Всероссийской конференции-конкурсе студенческих выпускных работ студент К. П. Казаков (гр. ГК-08) получил диплом 1-й степени.

В Областном конкурсе профессионального мастерства по геодезии «Уральский меридиан» в 2012 году студенты кафедры заняли 3-е место, а в 2013 году – 2-е место. В 2010 году, участвуя в V конкурсе CREDO, получили 1-ю премию, в 2013 году в Международной III олимпиаде CREDO в номинации «Изыскания» также заняли 1-е место.

В процессе обучения студенты имеют возможность применить полученные знания на практике. Так, в 2001 году учебная практика по фотограмметрии группы ГК-98 проводилась на предприятии ОАО «Ураласбест», в итоге был собран материал по обновлению топографической карты промышленной территории комбината. В 2012 году группа студентов кафедры участвовала в экспедиции в Хакасский природный заповедник, где определяла местоположение границ заповедника. По результатам работы в журнале «Автоматизированные технологии изысканий и проектирования» опубликована статья. В 2016 году учебная практика по градостроительству была проведена в виде экспедиции по городам Золотого Кольца России, в результате чего кроме отчета по практике были подготовлены фильм об экспедиции и объектах культурного наследия посещенных городов и сделаны доклады на конференции в декабре 2016, которые были удостоены дипломов 1-й и 3-й степени.

Есть у кафедры успехи и в спорте, и в художественной самодеятельности. Фарленкова М. А. (гр. ГК-00) выступала в составе сборной Свердловской области по легкой атлетике в соревнованиях российского масштаба, Герасимов А. В. (гр. ЗК-12), неоднократный призер соревнований по армреслингу в Свердловской и Челябинской областях, в 2016 году занял 1-е место на чемпионате Урала и Сибири. На сцене университета и за его пределами хорошо известны Брагина О. Н. (гр. ГК-06) – лауреат российских и международных конкурсов эстрадного пения, участница телепроекта «Голос»; Фенюк Г. И. (гр. ГК-06) – член эстрадно-джазового оркестра «Календарь», лауреат международных фестивалей-конкурсов и первого международного интернет-гранд конкурса «Планета искусства» (Казахстан) и др.

Кафедра геодезии и кадастров начала новый XXI век с хорошим заделом, новыми планами и надеждами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филатов В. В. «Отечества пользы для...» (75 лет Уральскому горному институту. 1917–1992). Екатеринбург, 1992. 408 с.
2. 50 лет Свердловскому горному институту. М.: Недра, 1967. 388 с.
3. Блюмин М. А. Геодезическое образование горных инженеров и геодезия на Урале // Уральское горное обозрение. Спец. вып. «УГГА – 80 лет». Екатеринбург, 1997. С. 164–172.
4. Кононенко И. И., Халевич Н. И., Блюмин М. А., Ященко В. Р. Современная геодинамика Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 95 с.
5. Коновалов В. Е. Кафедре геодезии и кадастров – 95 лет // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 5. С. 26–29.
6. Коновалов В. Е., Акулова Е. А. Городской кадастр – новое направление подготовки специалистов в Уральской государственной горно-геологической академии // Известия УГГА. 2002. Вып. 14. С. 93–96.
7. Колчина М. Е. Вопросы создания и ведения информационных систем обеспечения градостроительной деятельности // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 5. С. 45–48.

## NEW BIRTH. 100 YEARS ANNIVERSARY OF THE DEPARTMENT OF GEODESY AND CADASTRES OF THE URAL STATE MINING UNIVERSITY

**Konovalov B. E.** – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: vek-1951@mail.ru

The anniversary article is dedicated to the history and the establishment of the Department of Geodesy and Cadastres of the Ural State Mining University. The results and the prospects of development, endowments, methodological and research activity of the Department, and its social and sports achievements are discussed.

**Key words:** The Ural State Mining University; the Department of Geodesy and Cadastres; the prospects of development.

### REFERENCES

1. Filatov V. V. “*Otechestva pol'zy dlia...*” (75 let Ural'skomu gornomu institutu. 1917–1992) [“For the benefits of the Fatherland...” (75 years Anniversary of the Ural State Mining University. 1917–1992)]. Ekaterinburg, 1992. 408 p.
  2. *50 let Sverdlovskomu gornomu institutu* [50 years Anniversary of Sverdlovsk Mining Institute]. Moscow, Nedra Publ., 1967. 388 p.
  3. Bliumin M. A. [Geodetic education of mining engineers and geodesy in the Urals]. *Ural'skoe gornoe obozrenie. Spets. vyp. "UGGGA 80 let" – The Ural Mining Review. Spec. ed. "The 80 Anniversary of the Ural State Academy of Mining and Geology"*. Ekaterinburg, 1997, pp. 164–172. (In Russ.)
  4. Kononenko I. I., Khalevich N. I., Bliumin M. A., Iashchenko V. R. *Sovremennaia geodinamika Urala* [Modern geodynamics of the Urals]. Sverdlovsk, UB AS USSR Publ., 1990. 95 p.
  5. Konovalov V. E. [Department of Geodesy and Cadastre is celebrating its 95th anniversary]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2012, no. 5, pp. 26–29. (In Russ.)
  6. Konovalov V. E., Akulova E. A. [Urban cadastre is a new training program for the specialists in the Ural State Academy of Mining and Geology]. *Izvestiia UGGGA – The News of the Ural State Academy of Mining and Geology*, 2002, issue 14, pp. 93–96. (In Russ.)
  7. Kolchina M. E. [Design and maintenance of information systems for urban planning]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2012, no. 5, pp. 45–48 (In Russ.)
-

# РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

---

УДК 622. 271.3.06.012.32:622.023

## ИЗУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ВЗРЫВНОМ РАЗРУШЕНИИ СКАЛЬНЫХ МАССИВОВ В ДИНАМИКЕ РАЗВИТИЯ АСБЕСТОВЫХ КАРЬЕРОВ

КОТЯШЕВ А. А., КОРНИЛКОВ М. В., РУССКИХ А. П.

*Выполнен анализ структурных изменений во взорванной и отгруженной горной массе на карьерах комбината ОАО «Ураласбест» в динамике разработки Баженовского месторождения за двадцатилетний период времени. Статистическая оценка изменения во времени и пространстве условий и показателей дезинтеграции скальных массивов взрывным способом на карьерах по добыче хризотил-асбеста в динамике их развития осуществлена с помощью системного анализа динамических рядов, уровни которых формируются под совокупным влиянием различных факторов и случайностей. В процессе исследований выявлены тенденции изменения объемов добычи асбестовых руд разных видов, а также скальных пород, пригодных для производства строительных материалов. Установлены регрессионные взаимосвязи между объемами выемки скальных пород и руд с ростом глубины и пространственных параметров карьеров. Приведены характеристики физико-механических свойств рудоносных и пустых скальных пород, пригодных для производства щебня и строительных материалов, предопределяющие параметры и эффективность производства буровзрывного комплекса на карьерах.*

*Ключевые слова:* асбестовые карьеры; скальные породы; асбестосодержащие породы; структура взорванной горной массы; взрывное разрушение скальных массивов; статистическая оценка; объемы выемки.

Разработка месторождений минерального сырья в каждом конкретном случае характеризуется рядом специфических особенностей. Интенсивность и качество дезинтеграции скальных массивов для выемки и транспортирования пород в пункты назначения зависит от многих факторов, характеризующих структуру, прочностные и плотностные свойства горных пород в естественном залегании, а также свойства и характеристики применяемых способов и средств внешнего воздействия на локальный массив.

С ростом глубины карьеров, усложнением горнотехнических и гидрогеологических условий разработки месторождений прослеживается тенденция увеличения доли затрат на подготовку горной массы к выемке в себестоимости добычи полезных ископаемых [1–3]. При этом буровзрывной способ подготовки горной массы на открытых горных разработках остается на ближайшую перспективу доминирующим и наиболее экономичным. Статистическая оценка изменения во

---

**Котяшев Альберт Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории разрушения горных пород. 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58, Институт горного дела УрО РАН. E-mail: rgp@igduran.ru

**Корнилков Михаил Викторович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой шахтного строительства, главный редактор «Иzv. вузов. Горного журнала». 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: shsdep@ursmu.ru

**Русских Александр Петрович** – директор. 624260, г. Асбест Свердловской обл., ул. Уральская, 66, предприятие «Промтехвзрыв» ОАО «Ураласбест». E-mail: rusap@uralasbest.ru

времени условий и показателей взрывной дезинтеграции скальных массивов на карьерах по добыче хризотил-асбеста в динамике их развития осуществлена авторами с помощью системного анализа динамических рядов, уровни которых формируются под совокупным влиянием различных факторов и случайностей [4].

Изменение условий развития любого технологического процесса приводит к изменению факторов, силы и результативности их взаимодействия и, в конечном итоге, к вариации уровня изучаемого параметра во времени. На практике очень редко встречаются чисто стационарные ряды, динамика уровней которых такова, что средние характеристики не изменяются.

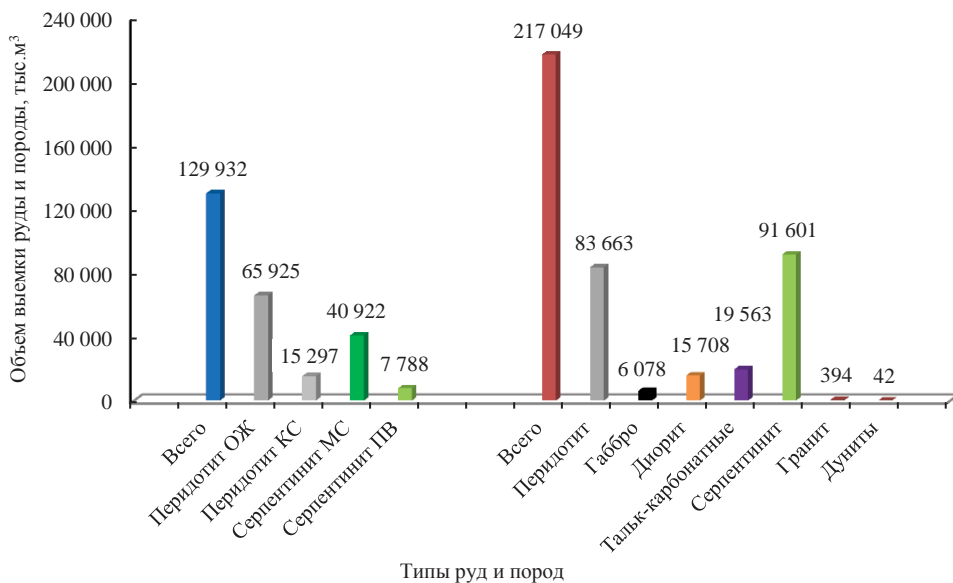


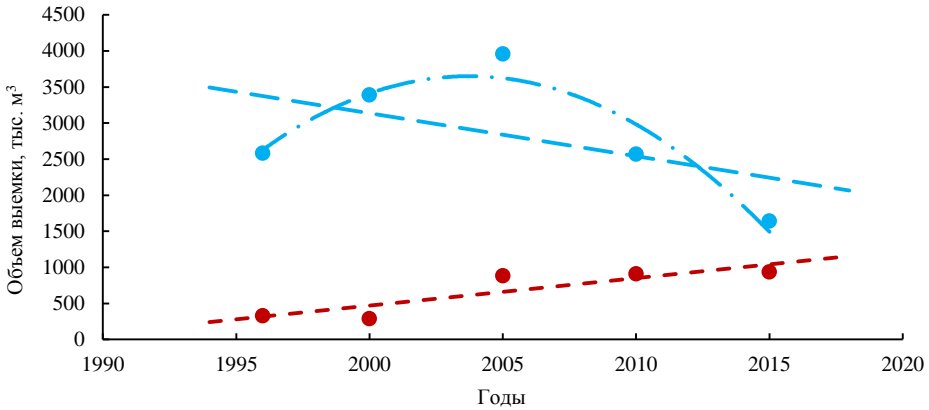
Рис. 1. Объемы выемки руд и пород на карьерах ОАО «Ураласбест»

В этих случаях вариация относится к действию только случайных причин, не принимается во внимание, что процесс развивается во времени. Тренд описывает фактическую усредненную для определенного периода наблюдению тенденцию изучаемого процесса во времени. Результат связывается исключительно с ходом времени. При этом предполагается, что через время можно выразить влияние всех основных факторов. Обычно тенденция представляется в виде гладкой траектории, которая характеризует основную закономерность движения во времени и в определенной мере свободна от случайных воздействий. Кривые роста, описывающие закономерности развития процессов и явлений во времени, получены путем аналитического выравнивания динамических рядов, а найденная функция позволяет получить теоретические значения уровней динамического ряда, которые в дальнейшем можно использовать для экстраполяции показателей.

При обработке статистических показателей, характеризующих технологический процесс подготовки горной массы к выемке буровзрывным способом, использованы простые функции. Среди математических методов научного предсказания важное значение имеет регрессионный и тесно связанный с ним корреляционный анализ. Регрессионный анализ позволяет установить количественное соотношение между причиной и следствием, благодаря чему становится возможным по причине предсказывать следствие, а также знать, как с изменением причины будет изменяться следствие. Для оценивания параметров регрессий используется метод наименьших квадратов.

Оценка параметров регрессии, как правило, сопровождается расчетом дополнительной характеристики, а именно коэффициента детерминации, корреляции – для прямолинейной зависимости или корреляционного отношения – для криволинейных зависимостей. Чем выше их значение, тем теснее связь между переменными и тем с большим основанием установленная взаимосвязь может быть использована для прогнозирования [4].

На рис. 1 приведена гистограмма объемов выемки дезинтегрированных массивов руд и скальных пород по видам и категориям взрываемости на карьерах ОАО «Ураласбест» за двадцатилетний период времени, а в табл. 1 – динамика структуры объемов добытых и отгруженных асбестовых руд.



Уравнения регрессии

$$Q_{ОЖ} = -17,0t^2 + 68\,155,8t - 68\,279\,526; \quad K_d = 0,9$$

$$Q_{ОЖ} = -59,5t + 122100; \quad K_d = 0,26$$

$$Q_{КС} = 38,1t - 75700; \quad K_d = 0,78$$

●Перидотит ОЖ, V категория

●Перидотит КС, IV категория

Рис. 2. Тренды объемов выемки перидотитов ОЖ и КС

На рис. 2, 3 приведены тренды добычи перидотита ОЖ, перидотита КС, серпентинита МС и серпентинита ПВ в процессе разработки месторождения.

В табл. 2 показана характеристика физико-механических свойств рудоносных пород Баженовского месторождения (Соколов Ю. А. *Изучение вещественного состава руд Баженовского месторождения и вывод зависимости взрываемости их от минералого-петрографического состава: отчет. Свердловск: СГИ, 1978.*)

Далее приведены сравнительные показатели объемов добычи руд и выемки скальных пород по категориям взрываемости.

**Соотношение объемов добычи асбестовых руд**

Объем выемки руд, тыс. м <sup>3</sup> /%	120 919	100,0 %
III категория	44 991	37,2 %
IV категория	13 625	11,3 %
V категория	62 303	51,5 %

**Соотношение объемов выемки скальных пород**

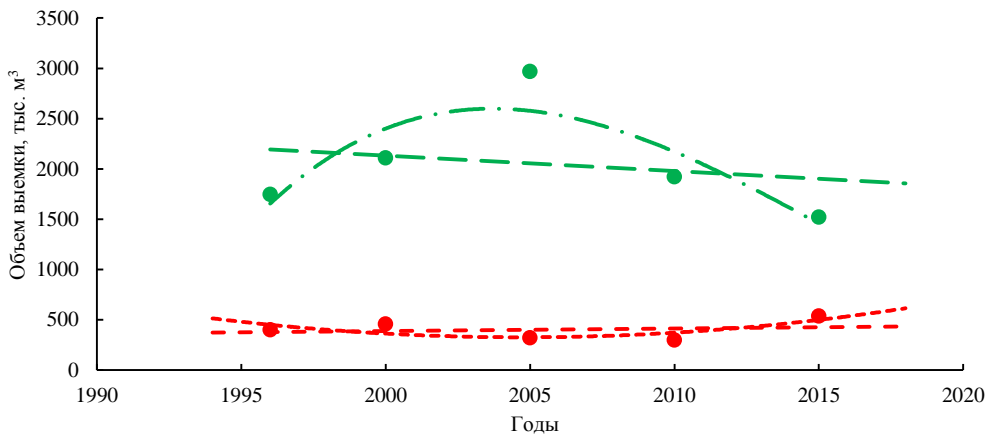
Объем выемки скальных пород, м <sup>3</sup> /%	205 021	100 %
III категория	88 286	43 %
IV категория	19 017	9,3 %
V категория	97 718	47,7 %

Анализ структуры объемов выемки горной массы на карьерах свидетельствует, что взрывание по крепким породам IV и V категорий составляет более половины (57 %) от общего объема. Именно эти породы (перидотиты, габбро, диориты) являются и считаются пустыми и до 2005 г. складировались в отвалы вскрышных пород.

Таблица 1  
Динамика структуры объемов добытых асбестовых руд

Добытые руды	Объем руд, тыс. м <sup>3</sup> /%	
	2000 год	2015 год
Перидотит ОЖ	3388 / 54,3	1642 / 35,5
Перидотит КС	290 / 4,6	934 / 20,2
Серпентинит МС	2108 / 33,8	1520 / 32,8
Серпентинит ПВ	458 / 7,3	536 / 11,6
Всего	6244	4632

С учетом того, что в начале XXI века возникли проблемы с реализацией асбеста и изделий из него, а также отказа ряда стран от закупок, на комбинате стало больше внимания уделяться диверсификации, выраженной в увеличении производства и сбыта строительных материалов, в первую очередь – щебня разных марок.



Уравнения регрессии

$$Q_{МС} = 0,37t^3 - 2\,225,1t^2 + 4\,484\,652,0t - 3\,012\,817\,054; \quad K_d = 0,75$$

$$Q_{МС} = -15,2t + 32\,600; \quad K_d = 0,04$$

$$Q_{ПВ} = 1,63t^2 - 6\,551,4t + 6\,567\,207; \quad K_d = 0,52$$

$$Q_{ПВ} = 2,5t - 4600; \quad K_d = 0,04$$

● Серпентинит МС, III категория      ● Серпентинит ПВ, III категория

Рис. 3. Тренды объемов выемки серпентинитов МС и ПВ

По инженерно-геологическим условиям Баженовское месторождение относится к категории средней сложности, приурочено преимущественно к группе скальных пород: габбро, перидотиты, диориты, серпентиниты, пироксениты.

Из перечисленных пород наибольшее распространение на месторождении имеют перидотиты и серпентиниты. 80 % пород, а именно 37 % перидотитов

Таблица 2

## Характеристика физико-механических свойств рудоносных пород

Горные породы	$\gamma \cdot 10^3$ , кг/м <sup>3</sup>	$n$ , %	$W$ , %	$f_{sp}$	$\sigma_p$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$C$ , МПа	$\beta^0$ , град.	$m$	$V_p$	$V_s$	$E \cdot 10^2$ , МПа	$\mu$
Перидотиты	2,64–	0,34–	0,02–	7,0–	8,7–	94,5–	14,0–	31–	0,40–	4997–	2445–	446,8–	0,18–
	3,03	6,50	0,29	25,0	42,8	235,5	48,0	55	0,99	7562	3753	1113,0	0,38
	Среднее	1,59	0,10	14,7	20	138,8	29,5	44	0,81	6267	3257	782,1	0,28
Серпентиниты	2,47–	0,38–	0,03–	3,3–	5,5–	32,4–	7,7–	29–	0,35–	4280–	2546–	451,6–	0,19–
	3,00	5,40	0,78	21,5	26,3	188,0	39,4	53	0,94	6690	3731	872,5	0,37
	Среднее	1,75	0,23	9,3	13,4	94,5	20,2	42	0,7	5644	2997	627,1	0,29
Серпентиниты смешанного состава	2,55–	0,72–	0,03–	4,5–	5,5–	33,1–	7,7–	34–	0,35–	4911–	2253–	492,4–	0,28–
	2,76	3,68	0,78	18,5	19,8	163,7	31,0	53	0,93	6300	3294	665,1	0,37
	Среднее	1,50	0,25	8,6	12,6	93,1	19,6	43	0,67	5757	2945	598,9	0,31

Таблица 3

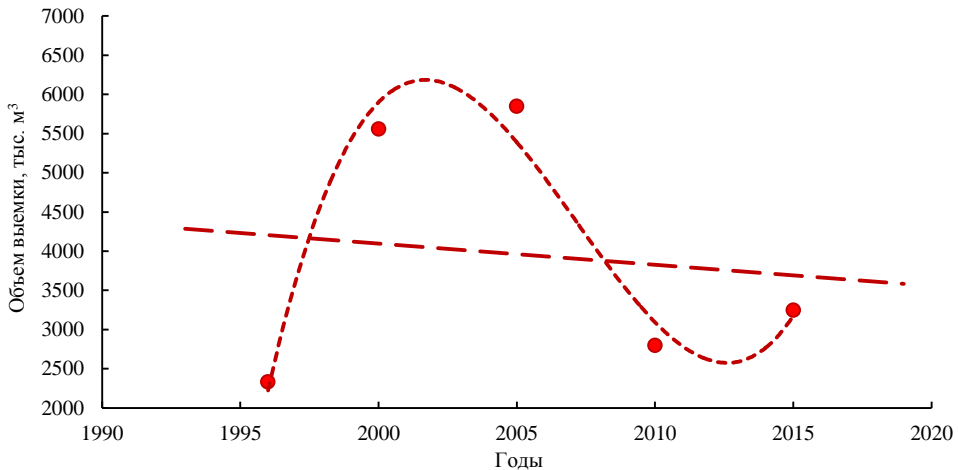
## Характеристика физико-механических свойств скальных пород

Горные породы	$\gamma \cdot 10^3$ , кг/м <sup>3</sup>	$n$ , %	$W$ , %	$f_{sp}$	$\sigma_p$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$C$ , МПа	$\beta^0$ , град.	$m$	$V_p$	$V_s$	$E \cdot 10^2$ , МПа	$\mu$
Габбро	2,86–	0,32–	0,07–	7,9–	12,6–	55,1–	15,5–	30–	0,61–	5368–	3166–	777,9–	0,19–
	3,13	6,48	0,30	28,6	32,9	216,5	43,0	54	1,00	6900	4100	1240,3	0,32
	Среднее	1,93	0,21	15,2	23,3	144,7	31,9	42	0,80	6364	3715	1037	0,23
Диориты	2,74–	0,36–	0,04–	6,6–	12,5–	71,8–	16,0–	32–	0,76–	4890–	3106–	696,0–	0,18–
	2,94	3,44	0,25	30,0	29,4	209,5	44,0	48	0,86	6288	3589	937,0	0,29
	Среднее	1,42	0,12	17,3	21,6	135	30,1	42	0,81	5824	3412	823,0	0,25
Перидотиты	2,64–	0,34–	0,02–	7,0–	8,7–	94,5–	14,0–	31–	0,40–	4997–	2445–	446,8–	0,18–
	3,03	6,50	0,29	25,0	42,8	235,5	48,0	55	0,99	7562	3753	1113,0	0,38
	Среднее	1,59	0,10	14,7	20	138,8	29,5	44	0,81	6267	3257	782,1	0,28

$\gamma$  – объемная масса;  $n$  – общая пористость;  $W$  – водопоглощение;  $f_{sp}$  – коэффициент динамической крепости;  $\sigma_p$  – предел прочности на растяжение;  $\sigma_{сж}$  – предел прочности на сжатие;  $C$  – удельное спеление;  $\beta^0$  – угол внутреннего трения;  $m$  – размягчаемость;  $V_p$  – скорость продольной волны, м/с;  $V_s$  – скорость поперечной волны;  $E$  – модуль Юнга (динамический);  $\mu$  – коэффициент Пуассона

V категории и 43 % серпентинитов III категории взрываемости, являются наиболее характерными горными породами, сопутствующими добыче асбестовых руд.

На рис. 4 и 5 приведены тренды изменения объемов выемки пустых скальных пород, предназначенных для производства строительных материалов, в динамике развития горных работ во времени и пространстве.



Уравнения регрессии

$$Q_n = 5,6t^3 - 33\,435t^2 + 67\,108\,285t - 44\,898\,027\,500; \quad K_d = 0,96$$

$$Q_n = -27,1t + 58\,390; \quad K_d = 0,02$$

● Перидотит, V категория

Рис. 4. Тренды объемов выемки перидотита в динамике развития карьеров

Анализ закономерностей, представленных на рис. 4, 5, свидетельствует о том, что в процессе разработки месторождения объемы выемки перидотита и диорита изменяются в значительных пределах. Так, выемка перидотита варьирует в пределах от 2331 до 5849 тыс. м<sup>3</sup> в год, а диорита соответственно от 445 до 947 тыс. м<sup>3</sup> в год.

В табл. 4 приведено доленое участие объемов выемки различных видов взорванных пород в динамике развития горных работ на Баженовском месторождении хризотил-асбеста.

Таблица 4

**Динамика структуры объемов выемки скальных пород**

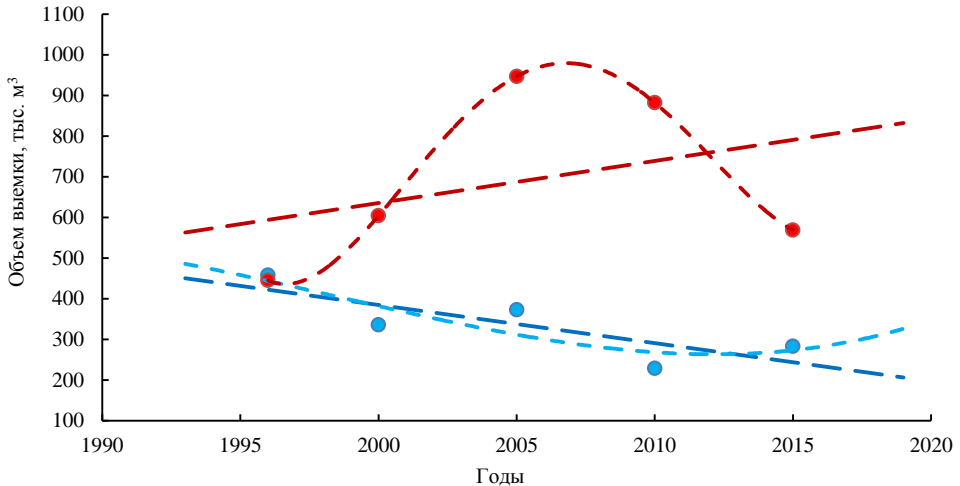
Добытые руды	Объем руд, тыс.м <sup>3</sup> /%	
	2000 год	2015 год
Перидотит	5556 / 42,1	3246 / 56,0
Габбро	20 / 0,0	283 / 4,9
Диорит	604 / 4,6	569 / 9,8
Тальк-карбонатные	1365 / 10,5	300 / 5,2
Серпентинит	5639 / 42,8	1396 / 24,1
<i>Всего</i>	13 184	5794

Следует отметить, что в период с 2006 по 2010 г. объемы выемки скальных пород значительно снизились. Так, в 2010 г. объем выемки перидотита снизился до 2798 тыс. м<sup>3</sup>, диорита – до 882 тыс. м<sup>3</sup>, габбро – до 229 тыс. м<sup>3</sup>. В настоящее



время в связи с необходимостью увеличения производства различных сортов щебня и стройматериалов наблюдается обратная тенденция.

В табл. 3 приведена характеристика физико-механических свойств скальных пород Баженовского месторождения, от величины которых в значительной мере зависят параметры и эффективность буровзрывных работ, в том числе получение необходимого гранулометрического состава взорванной горной массы.



Уравнения регрессии

$$Q_d = -433t^3 + 1\,303\,373t^2 - 1\,743\,461\,016t + 874\,548\,021\,707; \quad K_d = 0,98$$

$$Q_d = 10,3t - 20037; \quad K_d = 0,13$$

$$Q_r = 0,03t^3 - 168,4t^2 + 336\,562t - 224\,193\,635; \quad K_d = 0,75$$

$$Q_r = -9,4t + 19126; \quad K_d = 0,66$$

● Габбро, V категория

● Диорит, V категория

Рис. 5. Тренды объемов выемки габбро и диорита в динамике развития карьеров

Таким образом, в процессе исследований:

– выявлены тенденции структурных изменений в составе взорванной и отгруженной горной массы в динамике разработки месторождения;

– определены количественные соотношения различных видов пород и руд во взорванной горной массе разной крепости по шкале М. М. Протождяконова и категории взрываемости по местной классификации пород Баженовского месторождения;

– установлены регрессионные взаимосвязи объемов выемки пород и руд различной крепости и взрываемости в процессе развития горных работ во времени и пространстве, позволяющие прогнозировать их на ближайшую перспективу;

– приведены характеристики физико-механических свойств рудоносных и скальных пород, пригодных для производства щебня и строительных материалов, предопределяющие параметры и эффективность производства буровзрывных работ на карьерах комбината.

*Исследования проведены в рамках Госзадания 007-01398-17-00. Тема № 0405-2015-0010.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Техничко-экономические показатели горных предприятий за 1990–2014 гг. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2014. 361 с.

2. Кутузов Б. Н. Разрушение горных пород взрывом. М.: МГИ, 1992. 516 с.
3. Котяшев А. А., Русских А. П. Динамика условий и показателей эксплуатации взрывного комплекса // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. тр. XIII Междунар. науч.-техн. конф. Чтения памяти В. П. Кубачека. Екатеринбург: УГТУ, 2015. С. 412–417.
4. Дружинин Н. К. Математическая статистика в экономике. М.: Статистика, 1971. 264 с.

Поступила в редакцию 30 марта 2017 года

## STUDY AND EVALUATION OF STRUCTURAL CHANGES IN BLASTING DISINTEGRATION OF ROCK MASSIF IN THE DEVELOPMENT DYNAMICS OF ASBESTOS STONE-PITS

**Kotiashev A. A.** – The Institute of Mining of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: shsdep@ursmu.ru

**Kornilkov M. V.** – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: shsdep@ursmu.ru

**Russkikh A. P.** – Company “Promtekhvzryv” of OJSC “Uralasbest”, Asbest, Sverdlovsk region, the Russian Federation. E-mail: chief@ptv.uralasbest.ru

Systematic analysis of structural changes in the blasted and shipped rock mass at stone pits of OJSC “Uralasbest” in development dynamics of Bazhenovsky field for twenty years had been made. Statistical evaluation of variation in time and spatial variation of conditions and indices of rock massifs blasting disintegration at the chrysotile-asbestos pits in the dynamics of their development has been fulfilled with the help of systematic analysis of statistical series, the levels of which are formed under the complex influence of different factors and chances. Tendencies have been determined of asbestos ores of different varieties extraction volumes change and rocks suitable for building materials production. Regression relationship between the amount of excavation of rock and ore with increasing depth and spatial parameters of the quarries has been established. The characteristics of physical and mechanical properties of ore-bearing rock and waste rock, suitable for the manufacture of crushed stone and construction materials are introduced, as well as the predetermining parameters and the efficiency and drilling and blasting complex at the open pits.

**Key words:** asbestos stone-pits; rock; asbestos ore; blasted rock mass structure; blasting disintegration of rock mass; statistical evaluation; the volume of the extraction.

### REFERENCES

1. Technical and economic indices of mining enterprises for 1990–2014. Ekaterinburg, IM UB RAS Publ., 2014. 361 p.
2. Kutuzov B. N. *Razrushenie gornykh porod vzryvom* [Destruction of rocks by explosion]. Moscow, MMI Publ., 1992. 516 p.
3. Kotiashev A. A., Russkikh A. P. [Dynamics of conditions and parameters of operation of explosive complex]. *Tekhnologicheskoe oborudovanie dlia gornoj i neftegazovoi promyshlennosti: sb. tr. XIII Mezhdunar. nauch.-tekh. konf.* [Proc. 13th Int. Sci. and Techn. Conf. “Technological equipment for mining and oil and gas industry”]. Ekaterinburg, 2015, pp. 412–417. (In Russ.)
4. Druzhinin N. K. *Matematicheskaja statistika v ekonomike* [Mathematical statistics in the economy]. Moscow, Statistika Publ., 1971. 264 p.

УДК 622.014.2:331.6:658.155:622.33(57117)

## ОСНОВНЫЕ ПУТИ ЭФФЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА

ТРУШИНА Г. С.

*Данное исследование посвящено выявлению проблем и поиску путей эффективного развития шахт и разрезов Кузбасса, ведущих к улучшению их финансового состояния, охраны окружающей среды и обеспечению конкурентоспособности кузнецких углей на мировом и российском угольных рынках. В статье рассмотрены проблемы развития предприятий угольной промышленности Кузнецкого угольного бассейна, работающих в условиях мирового экономического кризиса и экономических санкций. Выявлены основные факторы, сдерживающие увеличение добычи угля в бассейне. Показана зависимость финансового состояния предприятий от уровня цен на мировом рынке и изменения курса валют в Российской Федерации. Проанализирован спрос на уголь в мире и России. Показаны основные пути развития предприятий угольной промышленности Кузбасса, направленные на повышение эффективности их деятельности и конкурентоспособности угля на угольных рынках мира и России, соблюдение нормативов по охране окружающей среды.*

*Ключевые слова:* добыча угля; шахты и разрезы Кузбасса; эффективность; конкурентоспособность; конъюнктура угольного рынка; пути эффективного развития; угледобывающие предприятия Кузбасса.

На современном этапе российская экономика, в том числе и предприятия угольной промышленности Кузбасса, развивается в условиях мирового экономического кризиса и экономических санкций. От эффективности работы шахт и разрезов зависит жизнедеятельность региона, так как угольная промышленность является градообразующей во многих городах Кузбасса.

Кузнецкий угольный бассейн – один из основных в Российской Федерации, балансовые запасы угля категорий А, В, С составляют 58,9 млрд т, из них коксующихся марок углей – 53,8 %, доля добычи в РФ – 60 %. Кузнецкие угли поставляются в основном на зарубежный рынок – 66 %, в РФ – 34 %. Эффективность работы предприятий зависит не только от природных и других факторов внутренней среды, но и от изменения внешней среды, в частности от изменения конъюнктуры мирового угольного рынка [1, 2]. Так, по данным источников [3, 4], цены на энергетический уголь на мировом угольном рынке с 2012 г. резко снизились (табл. 1).

Несмотря на резкое снижение цен, мировая добыча за 2011–2014 гг. увеличилась с 7977,5 млн т до 8206,0 млн т, или на 2,9 % [5]. В 2015 г. наблюдается уменьшение добычи до 7861,1 млн т, или на 4 %, относительно уровня добычи 2014 г. (основное снижение – в США и Китае) [5]. Тенденция увеличения добычи угля в России, в том числе в Кузбассе, показана на рис. 1. Добыча угля в РФ (по данным Росинформугля) за 2011–2015 гг. увеличилась на 10,9 % и достигла 373,363 млн т. По данным департамента угольной промышленности, в 2016 г. добыча угля в Куз-

бассе увеличилась до рекордного уровня – 227,4 млн т и составила 105,4 % от уровня добычи 2015 г.

Рост добычи угля в Кузбассе обеспечен за счет интенсивного развития (среднемесячная производительность труда рабочего по добыче за 2013–2016 гг. увеличилась на 22,6 % и составила 282 т) и ввода в эксплуатацию новых угледобывающих предприятий.

Таблица 1

## Экспортные цены на энергетические угли, долл. США за тонну

Регионы и порты	2012, месяц			2013, месяц			2014, месяц				2015, месяц			XII 2015 к I 2012, %
	I	VI	XII	I	VI	XII	I	VI	VII	XII	I	VI	XII	
СIF Европа	103	86	89	86	74	86	85	73	73	72	59	58	49	47,5
ФОБ Ричардз Бей (ЮАР)	107	87	88	86	79	84	85	75	72	66	62	62	50	46,7
ФОБ Ньюкасл (Австралия)	116	87	92	93	84	84	84	73	70	64	65	61	52	44,8
СIF Япония	128	104	100	101	95	103	102	86	81	71	63	73	65	50,8
ФОБ Восточный (Россия)	120	91	86	86	86	82	80	79	78	66	64	61	52	43,3

На мировом рынке спрос на уголь, в том числе российский и кузнецкий, сохраняется. Динамика потребления угля отражена в табл. 2.

Потребление угля в мире за период 2010–2015 гг. увеличилось с 3634,3 млн т н. э. до 3839,9 млн т н. э. (+5,7 %), в 2015 г. по сравнению с 2014 г. снизилось только на 1,8 % и составило 3839,9 млн т н. э. Потребление угля уменьшилось в основном в США (–12 %), но в 2015 г. намечается тенденция увеличения его потребления в ряде стран Европы, Азии и Америки (Португалия – 23,2 %, Испания – 23,9 %, Ирландия – 8,2 %, Румыния – 6,9 %, Болгария – 4,2 %, Колумбия – 18,3 %, Индонезия, Малайзия и Вьетнам – 15 %, Филиппины – 7,4 %, Россия – 1,3 %) [5].

Угольные предприятия Кузбасса сохранили и увеличили зарубежные и российские рынки сбыта. Производственные мощности Кузбасса к 2020 г. могут составить 240–265 млн т. Для обеспечения предполагаемого объема добычи угля необходимо учитывать жизнедеятельность предприятий и региона в текущем и перспективном периодах. Потребуется как строительство новых угледобывающих предприятий, так и предприятий смежных, обслуживающих отраслей с привлечением дополнительных инвестиций и квалифицированных трудовых ресурсов, недостаток которых ощущается в текущем периоде. Необходимо также учитывать неблагоприятную экологическую обстановку в регионе [6]. Для сокращения вредных выбросов и уменьшения загрязнения окружающей среды потребуются крупные инвестиции в природоохранные мероприятия.

Основными факторами, сдерживающими увеличение добычи угля и влияющими на снижение эффективности шахт и разрезов Кузбасса, являются:

– *технические* (на многих шахтах и разрезах наблюдается достаточно высокий износ активной части основных фондов);

– *горно-геологические* (на шахтах переходят к разработке пластов нижних горизонтов, на разрезах также увеличивается коэффициент вскрышных работ, соответственно увеличиваются затраты на добычу угля);

– *транспортные* (средняя дальность перевозки углей постоянно возрастает,

в основном из-за роста поставок углей на экспорт; на некоторых предприятиях затраты на транспортировку угля в себестоимости составляют более 70 % (от 2 до 5 раз выше, чем у предприятий-конкурентов); пропускная способность российских железных дорог, особенно в восточном направлении, в осенний и зимний периоды в настоящее время не позволяет транспортировать дополнительный, постоянно увеличивающийся объем угля [1]);

– *экологические* (Кемеровская область является экологически неблагоприятным субъектом РФ по количеству вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, объему нарушенных земель и загрязнению сточных вод; более 96 % твердых промышленных отходов образовано угольной отраслью, нарушено более 50 тыс. га земли);

– *факторы промышленной безопасности* (угольные пласты Кузбасса имеют высокую метанообильность; многие шахты являются сверхкатегорийными и взрывоопасными);

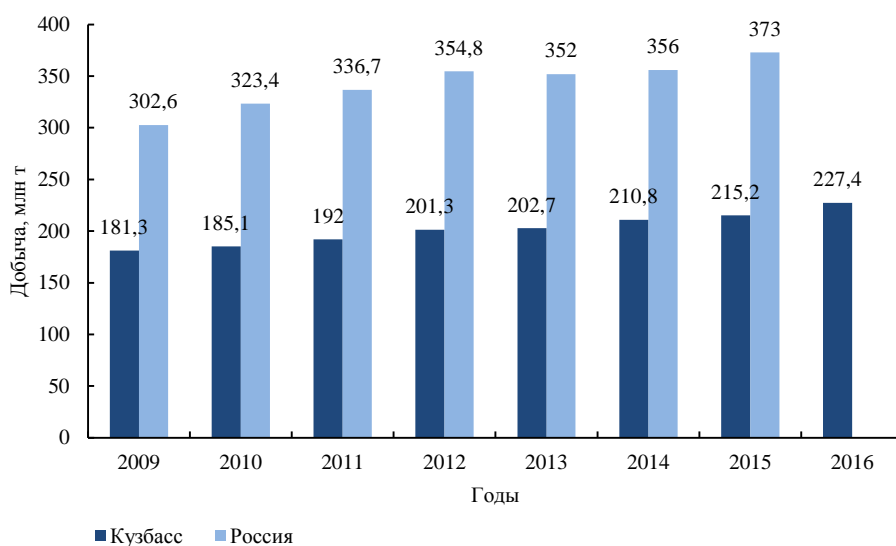


Рис. 1. Добыча угля в России и Кузбассе

– *инвестиционные* (необходимы крупные инвестиции в строительство новых и реконструкцию действующих предприятий; строительство дорог, жилья и др. социальных объектов; создание инфраструктуры и благоустройство вновь осваиваемых территорий; внедрение экологически чистой технологии добычи и переработки угля; развитие углехимического производства; выполнение программы развития инновационного территориального кластера «Комплексная переработка угля и техногенных отходов» в Кемеровской области [7]);

– *социальные* (на предприятиях недостаточно квалифицированных работников; необходимо повысить привлекательность рабочих мест путем существенного повышения уровня заработной платы, улучшения условий и безопасности труда, обеспечения социальными объектами [8]);

– *природные* (в Кемеровской области наблюдается опасная сейсмическая обстановка; в Белово, Беловском и Гурьевском районах в 2013 г. зафиксированы подземные толчки магнитудой 5,6 балла; для сохранения жизнедеятельности предприятий необходимы дополнительные инвестиции на установку стационарных сейсмических станций);

– *факторы конъюнктуры мирового угольного рынка* (на экспорт от общего количества поставок кузнецкого угля в 2016 г. отправлено 66 %, 55 стран являются импортерами кузбасского угля (по данным департамента угольной промыш-

ленности Кемеровской области); финансовое состояние предприятий во многом зависит от уровня цен на мировом рынке и изменения курса валют в РФ; в настоящий период угли Кузбасса конкурентоспособны и на российском, и на мировом угольных рынках, но в случае изменения курса рубля в сторону его роста (при сохранении действующих цен на уголь на мировом и российском рынке) предприятиям будет сложно оставаться конкурентоспособными).

Таблица 2

## Динамика мирового потребления угля, млн т н. э.

Страна	2010	2014	2015	2015 к 2014, %	Доля потребления, %
Северная Америка	488,1	487,896	429,0	87,9	11,2
Центральная Америка	28,7	36,7	37,1	101,2	1,0
Европа и Евразия	491,6	481,0	467,9	97,3	12,2
Ближний Восток	10,1	10,7	10,5	98,3	0,3
Африка	100,4	102,4	96,9	94,6	2,4
Азиатско-Тихоокеанские страны	2440,4	2792,5	2798,5	100,2	72,9
<i>Всего в мире</i>	3634,3	3911,3	3839,9	98,2	100,0

Для сохранения конкурентоспособности необходимо:

– уделять особое внимание выявлению внутренних резервов по уменьшению затрат на добычу угля;

– продолжать внедрение прогрессивных систем разработки и схем вскрытия угольных пластов;

– обновлять активную часть основных фондов;

– снижать трудоемкость основных и вспомогательных работ и повышать уровень производительности труда;

– повышать качество угля и увеличить уровень обогащения угля с 74 до 100 %;

– при разработке стратегий и стратегических планов угольных компаний (предприятий) целесообразно ориентироваться на методологические и методические подходы к процессу их разработки, изложенные в научных трудах [9–11];

– внедрять систему экологического менеджмента; при разработке общей стратегии предприятия необходимо учитывать экологические требования [11]; в текущих, стратегических и перспективных планах необходимо предусматривать стратегические направления по внедрению экологически чистой технологии добычи и обогащения угля, рекультивации земель; это позволит не только реализовать программы по экологии, но и улучшить финансовую устойчивость предприятий за счет принятия управленческих решений по предотвращению сверхнормативных выбросов вредных веществ в атмосферу и водные ресурсы, загрязнения почвы, образования отвалов и др. нарушений экологической среды и, соответственно, уменьшить размер штрафов;

– в целях повышения безопасности ведения горных работ в стратегических планах на шахтах с высокой газообильностью необходимо предусматривать выделение инвестиций для приобретения установок, осуществляющих добычу газа (метана), внедрение организационно-технических мероприятий по безопасной добыче угля; это позволит предотвратить выбросы метана и угольной пыли, взрывы, аварии и пожары [7]; для обеспечения охраны труда и промышленной безопасности необходимо выделение дополнительных инвестиций.

Для устойчивого развития предприятий угольной промышленности Кузбасса Правительству РФ целесообразно:

- регулировать тарифы на перевозку угля железнодорожным транспортом;
- не облагать налогом часть прибыли, направляемой предприятиями в фонд развития производства;

- применять льготное налогообложение для стимулирования предприятий по внедрению инновационных современных чистых технологий добычи и переработки угля;

- стимулировать строительство электростанций вблизи крупных шахт и разрезов и вырабатывать электроэнергию с использованием чистой технологии при одновременном строительстве заводов по глубокой переработке угля на основе метода его газификации (с последующим его превращением в различные химические продукты); это позволит исключить затраты на транспортировку угля железнодорожным транспортом и снизить затраты на потребляемую энергию;

- оказывать государственную поддержку предприятиям и заинтересовывать инвесторов в осуществлении программ по добыче метана из угольных пластов (за счет чего существенно снизится безопасность ведения горных работ) и выполнении программы развития инновационного территориального кластера «Комплексная переработка угля и техногенных отходов в Кемеровской области» [7]; это позволит извлекать из угля и техногенных отходов ценные виды редкоземельных металлов (осмий, элементы платиновой группы и др.), в короткие сроки окупить инвестиции, направленные на реализацию новой технологии;

- ужесточить требования и в законодательном порядке существенно увеличить размеры штрафных санкций к предприятиям, не соблюдающим нормативы по охране окружающей среды и рекультивации нарушенных земель;

- запретить в регионе через законодательные акты использование низкокачественных углей на тепловых электростанциях.

От эффективности работы шахт и разрезов Кузбасса зависит жизнедеятельность региона, так как угольная промышленность является основной и градообразующей во многих городах и поселках Кузбасса. Угольная промышленность Кузбасса ориентирована на экспорт и зависит в основном от изменения конъюнктуры мирового угольного рынка. В настоящий период, работая в условиях мирового экономического кризиса и экономических санкций, компании сохранили угольные рынки, но в перспективе для эффективного развития и удержания конкурентных позиций угольной промышленности Кузбасса необходимы крупные инвестиции и государственная поддержка в области льготного налогообложения и регулирования тарифов на перевозку угля железнодорожным транспортом.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трушина Г. С. Перспективы угольной промышленности Кузбасса // ТЭК и ресурсы Кузбасса. 2013. № 4. С. 42–46.
2. Трушина Г. С., Присташ Я. В. Экономическая оценка потенциала угледобывающего предприятия. Кемерово: КузГТУ, 2003, 132 с.
3. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2013 года // Уголь. 2014. № 3. С. 52–66.
4. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2015 года // Уголь. 2016. № 3. С. 58–72.
5. BP Statistical Review of World Energy. London SW1Y 4PD. June 2016. 47 p. URL: <http://www.bp.com/statisticalreview>
6. Mikhailov V. G., Golofastova N. N., Seredyuk I. V. Coal in the 21st Century // Mining, Processing and Safety. 2016. P. 377–382.
7. Об утверждении программы развития пилотного инновационного территориального кластера «Комплексная переработка угля и техногенных отходов в Кемеровской области на 2014–2020 годы (с изменениями на 26.01.2015). URL: <http://docs.cntd.ru/document/424036085>
8. Трушина Г. С., Орлов И. А. Ситуация на рынке труда и проблемы формирования кадрового потенциала на угледобывающих предприятиях Кузбасса // Уголь. 2012. № 2. С. 73–76.
9. Трушина Г. С., Щипачев М. С. Роль анализа внешней и внутренней среды при разработке стратегических планов на угледобывающих предприятиях Кузнецкого угольного бассейна РФ // Горный журнал Казахстана. 2012. № 8. С. 28–31.

10. Трушина Г. С. Экономическая оценка стратегии функционирования угледобывающего предприятия // Уголь. 2017. № 3. С. 52–55.

11. Трушина Г. С., Шчипачев М. С. Стратегическое планирование на угледобывающем предприятии. Кемерово: КузГТУ, 2012. 191 с.

Поступила в редакцию 27 марта 2017 года

## THE BASIC WAYS OF EFFICIENT DEVELOPMENT OF KUZBASS COAL MINING ENTERPRISES

**Trushina G. S.** – Kuzbass State Technical University, Kemerovo, the Russian Federation. E-mail: lilia.au@mail.ru

This study focuses on the identification of problems and the investigation of ways of effective development of Kuzbass mines and open pits to improve their financial circumstances, protect the environment, and ensure the competitiveness of Kuznetsk coal in the world and the Russian coal market. The problems of coal mining industry of the Kuznetsk coal basin in conditions of the global economic crisis and the economic sanctions are considered in the article. The main factors constraining the increase in coal production in the basin are revealed. Financial circumstances of companies largely depend on the world market prices and exchange rates in the Russian Federation. Demand for coal in the world and Russia is analyzed. The basic ways of development of the Kuzbass coal mining enterprises aimed at increasing their efficiency and coal competitiveness in the coal markets in the world and in Russia, compliance with environmental regulations are shown.

**Key words:** coal mining; mines and open pits of Kuzbass; efficiency; competitiveness; environment of the coal market; ways of effective development; coal-mining enterprises of Kuzbass.

### REFERENCES

1. Trushina G. S. [Prospects of the coal industry of Kuzbass]. *TEK i resursy Kuzbassa – Energy Industry and Resources of Kuzbass*, 2013, no. 4, pp. 42–46. (In Russ.)
2. Trushina G. S., Pristash Ia. V. *Ekonomicheskaya otsenka potentsiala ugledobyvaiushchego predpriatiia* [Economic evaluation of the potential coal mines]. Kemerovo, KuzSTU Publ., 2003, 132 p.
3. Tarazanov I. G. [Results of work of the coal industry of Russia for January–December, 2013]. *Ugol' – Coal*, 2014, no. 3, pp. 52–66. (In Russ.)
4. Tarazanov I. G. [Results of work of the coal industry of Russia for January–December, 2015]. *Ugol' – Coal*, 2016, no. 3, pp. 58–72. (In Russ.)
5. Statistical Review of World Energy. Available at: <http://www.bp.com/statisticalreview>
6. Mikhailov V. G., Golofastova N. N., Seredyuk I. V. [Coal in the 21st Century]. *Mining, Processing and Safety*, 2016, pp. 377–382.
7. About the approval of the development program of a pilot innovative territorial cluster “Complex processing of coal and technogenic waste in the Kemerovo region for 2014–2020” (with changes on January 1st, 2015). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/424036085> (In Russ.)
8. Trushina G. S., Orlov I. A. [Situation in labor market and problems of formation of personnel potential at the coal-mining enterprises of Kuzbass]. *Ugol' – Coal*, 2012, no. 2, pp. 73–76. (In Russ.)
9. Trushina G. S., Shchipachev M. S. [A role of the analysis of external and internal environment when developing strategic plans at the coal-mining enterprises of the Kuznetsk coal basin of the Russian Federation]. *Gornyi zhurnal Kazakhstana – Mining Journal of Kazakhstan*, 2012, no. 8, pp. 28–31. (In Russ.)
10. Trushina G. S. [Economic assessment the coal-mining enterprise functioning strategy]. *Ugol' – Coal*, 2017, no. 3, pp. 52–54. (In Russ.)
11. Trushina G. S., Shchipachev M. S. *Strategicheskoe planirovanie na ugledobyvaiushchem predpriatii* [Strategic planning at the coal-mining enterprise]. Kemerovo, KuzSTU Publ., 2012. 191 p.



# ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ. ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

---

УДК 620.9

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КАК УСЛОВИЕ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

КУБАРЕВ М. С., СТРОВСКИЙ В. Е., БАЛАШЕНКО В. В.

*Рассматривается одна из актуальных проблем современного мира – накопление отходов производства и потребления, их отрицательное влияние на здоровье человека и состояние окружающей среды. Выходом из рассматриваемой ситуации может стать организация обращения с отходами, где на первом этапе выявляются источники образования отходов, объемы их образования и классы опасности. Наиболее полный свод информационных данных содержат кадастры отходов. Важную роль в создании кадастров и обосновании направлений использования отходов играет их классификация, которая должна содержать физико-технические характеристики отходов, данные об условиях их разработки, эколого-экономической эффективности использования, возможных рынках сбыта и т. д. Выполнены обобщение и анализ общепринятых и индивидуальных классификаций техногенно-минеральных образований. Предложена авторская классификация техногенно-минеральных отходов, в которой представлен ряд факторов и признаков, влияющих на технические и экономические показатели освоения техногенно-минеральных образований (ТМО) или определения других путей дальнейшего движения ТМО (передача другим предприятиям, консервация, захоронение и т. д.), объединенных в семь групп: производственные, физико-географические, физико-технические, химические, экологические, фактор изученности ТМО и экономические. В классификацию введены группы признаков, существенных для составления технико-экономических обоснований: по водному режиму; применению загрязняющих веществ в технологии добычи и обогащения; преобладающим породам, влияющим на состояние ТМО в отвалах и хранилищах; а также подгруппы признаков – по физико-технической характеристике с конкретными показателями, полученными при изучении ТМО. Данная классификация может служить достаточно надежным инструментом в обосновании направлений использования минеральных отходов.*

**Ключевые слова:** отходы; техногенно-минеральные образования; горнопромышленный комплекс; направления использования; классификация.

В соответствии с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года», утвержденной Правительством РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р, население должно быть обеспечено благоприятной экологической средой жизни, комфортной и безопасной обстановкой в местах проживания, из этого следует необходимость снижения негативного воздействия промышленных отходов, как текущих, образующихся в процессе производственной деятельности, так и «лежалых», с учетом прямой зависимости меж-

---

**Кубарев Михаил Сергеевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: kubarev.mc@mail.ru

**Стровский Владимир Евгеньевич** – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и менеджмента. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: rinis@mail.ru

**Балашенко Валерий Васильевич** – кандидат экономических наук, научный сотрудник. 620144, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, Институт экономики УрО РАН. E-mail: bala10@mail.ru

ду состоянием экологической ситуации и здоровьем человека [1–5]. Выходом из рассматриваемой ситуации может стать создание системы управления отходами, т. е. организация обращения с отходами с целью снижения их влияния «на здоровье человека и состояние окружающей среды» [6]. При этом любая из созданных систем управления отходами требует на первом этапе выявления источников образования отходов, объемов их образования и классов опасности. Принятие решений по утилизации отходов базируется на более детализированной информации, содержащей данные о физико-технических характеристиках отходов, их ценности, экологичности, данные об эколого-экономической эффективности использования (эффектах и затратах), о возможных рынках сбыта и т. д. Наиболее полный свод информационных данных содержат кадастры отходов [7, 8]. Однако, как показывает практика, примеры создания областных кадастров отходов производства и/или потребления еще немногочисленны. В этих условиях важную роль в обосновании направлений использования отходов играет их классификация.

Вопросы классификации техногенного минерального сырья, горнопромышленных отходов и техногенных месторождений затрагиваются в многочисленных публикациях (К. Н. Трубецкой, В. Н. Уманец, Н. Б. Никитин (1987 г.), М. Э. Кябби, И. Л. Гуменик, А. С. Матвеев, А. И. Панасенко (1988 г.) и др.), но официально утвержденной единой классификации техногенных отходов, охватывающей все их разнообразие, не имеется ни в Российской Федерации, ни за рубежом. Подходы к классификации отходов, в частности техногенно-минеральных образований, многообразны, так же как многообразно техногенное минеральное сырье. В настоящей статье отражены лишь те классификации, в которых впервые введены какие-либо новые существенные признаки.

Отходы, образующиеся при добыче и обогащении полезных ископаемых, а также вещества, улавливаемые при очистке отходящих газов и сточных вод, обычно классифицируются следующим образом (**общепринятые классификации**):

– по источникам образования, система классификации основана на отраслевом принципе, т. е. выделяют отходы различных отраслей промышленности (черной и цветной металлургии, химической, угольной, энергетической и др.); кроме того, отходы классифицируют по процессу их образования: отходы добычи, отходы обогащения, отходы переработки;

– по фазовому (агрегатному) состоянию отходы делятся на твердые, жидкие, газообразные и пастообразные; фазовое состояние влияет на выбор методов и средств хранения, транспортировки и переработки отходов;

– по токсичности для окружающей природной среды и человека применяется санитарная классификация отходов в соответствии с Санитарными правилами СП 2.1.7.1386-03;

– по возможности использования отходы делятся на вторичные материальные ресурсы и отходы, которые на данном этапе экономического развития перерабатывать нецелесообразно; классы опасности отходов определяются в соответствии с порядком отнесения отходов I–IV классов опасности к конкретному классу опасности, утвержденным приказом МПР РФ от 05.12.2014 № 541 (разработаны с целью реализации 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»);

– по длительности хранения: текущие, лежалые (прошлых лет);

– по праву использования: горнопромышленные отходы, относящиеся к нераспределенному фонду недр; горнопромышленные отходы действующих предприятий [9].

**П. И. Баженовым** [10] предложено классифицировать промышленные отходы в момент их выделения из основного технологического процесса:

– *продукты класса А* (карьерные остатки и остатки после обогащения на полезное ископаемое) имеют химико-минералогический состав и свойства соответствующих горных пород; область их применения обусловлена агрегатным состоянием, фракционным и химическим составом, физико-механическими свойствами;

– *продукты класса Б* – искусственные вещества, полученные как побочные продукты в результате физико-химических процессов, протекающих при обычных или чаще высоких температурах (например, шлаковые и зольные отходы); диапазон возможного применения этих промышленных отходов шире, чем продуктов класса А;

– *продукты класса В* образуются в результате физико-химических процессов, протекающих в отвалах; такими процессами могут быть самовозгорание, распад шлаков и образование порошка; типичные отходы этого класса – горелые породы.

В отличие от первичного сырья, конкретных технологий переработки отходов и областей их использования не существует. Одни и те же отходы могут быть использованы в различных сферах производства и потребления, поэтому **Т. А. Кулагиной** и др. [11] предложена классификация по принципу отличительных качеств первичного и вторичного сырья: отходы, которые имеют неблагоприятные характеристики однородности, чистоты и состава в отличие от первичного сырья; отходы производства и потребления, для которых не определено дальнейшее использование, хотя для первичного продукта запланирована возможность его использования в качестве вторичного сырья; первичное сырье или продукты производства, которые в процессе переработки или эксплуатации превращаются в отходы. Технические характеристики конкретного вида отходов могут быть условно объединены в две группы: группа свойств, важнейших для данного вида материала, изучение которых необходимо для определения традиционных путей его использования; группа вновь приобретенных свойств, изучение которых необходимо для определения новых, нетрадиционных путей использования конкретного материала.

Имеют место **классификации отходов по экологическим признакам**, так как накопление отходов создает угрозы экологической безопасности на уровне предприятий (мест размещения отходов), регионов и страны.

К числу наиболее полных классификаций, разработанных на основе общих и набора группировочных признаков, отраженных в 1997 г. в классификациях ЗабНИИ, классификации Ю. Ф. Харитоновой и других классификациях, относится **классификация С. И. Мормиля** и др. [12], характеризующая происхождение техногенно-минеральных образований в основных отраслях производства (горнодобывающей, обогатительной, металлургической, химической, энергетической), их принадлежность к определенным отходообразующим предприятиям и техногенную нагрузку на окружающую природную среду. В каждой отдельной группе выделено от 1 до 7 подгрупп, соответствующих технологическому процессу добычи и переработки сырья. В подгруппах учтены только базовые технологические процессы (на практике обычно отмечается их комбинирование). Сведения, характеризующие скопления техногенных образований, отражаются в 9 классах (тип отходов, время накопления, их объем, характеристика хранилищ, собственно отходов, их химический состав, состояние изученности, воздействие на окружающую среду и перспективы использования), в которых, в свою очередь, рассматриваются от 2 до 4 подклассов. Классификация имеет практическую направленность по набору показателей, влияющих на выбор добычи, переработки техногенного сырья, экологичность, снижение негативного влияния на окружающую среду.

## Классификация техногенно-минеральных образований (ТМО)

Факторы	Происхождение, производство	
	Горнодобывающее	Обогатительное
<i>Производственные</i>		
Предприятия	Добывающие предприятия черной, цветной металлургии, нерудных и строительных материалов	
Способы и технологические стадии, при которых образуется ТМО	Открытый Подземный Комбинированный	
Применение загрязняющих материалов и реагентов	Взрывчатые вещества	
Тип минеральных образований, в том числе из загрязненных вод, из которых извлекаются ценные компоненты	Вскрышные и вмещающие породы, забалансовые, некондиционные руды, подготовленные, рудничные воды	
Время накопления <sup>1</sup>	Текущие до 15 лет до 30 лет	Текущие до 10 лет более 10 лет
Объем отходов	Незначительный (0,5–500 тыс. т) Малый (500 тыс. т–5000 тыс. т) Средний (5000 тыс. т–20 000 тыс. т) Крупный (20 000 тыс. т–70 000 тыс. т) Уникальный (более 70 000 тыс. т)	Незначительный (0,5–500 тыс. т) Малый (500 тыс. т–3000 тыс. т) Средний (3000 тыс. т–15 000 тыс. т) Крупный (15 000 тыс. т–30 000 тыс. т) Уникальный (более 30 000 тыс. т)
Организация хранения	Оборудованные	Необорудованные
<i>Физико-географические</i>		
Форма рельефа	Плоская Отрицательная (с понижениями рельефа) Положительная (с повышениями рельефа)	
Подстилающие породы	Крепкие (скальные)	Просадочные
Морфометрия	Углубленные Низкие (до 15 м) Средние (15–50 м) Высокие (выше 50 м)	На заболоченных территориях Для хвосто- и шламохранилищ согласно нормам технологического проектирования
Водный режим системы отвал (шламо-хвостохранилище) – природная среда	Непромывной Промывной Паводковый	
Обводненность пород	Сухие Влажные Обводненные	

<i>Физико-технические</i>			
Физическое состояние	Скальные <sup>2</sup>	Полускальные <sup>3</sup>	Рыхлые Дисперсные <sup>4</sup>
Прочность	Очень прочный > 120 МПа Прочный 120–50 МПа Средней прочности 50–15 МПа Малопрочный 15–5 МПа Пониженной прочности 5–3 МПа Низкой прочности 3–1 МПа	–	Водонепроницаемый $k_f < 0,005$ м/сут Водопроницаемый $k_f = 0,30–3$ м/сут Сильноводопроницаемый $k_f = 3–30$ м/сут Галечниковый, щебенчатый ( $\geq 10$ мм) Гравийный, дресвяный ( $\geq 2$ мм) Пески гравелистый ( $> 2$ мм) крупный ( $> 0,50$ мм) средней крупности ( $> 0,25$ мм) мелкий ( $> 0,10$ мм) пылеватый ( $< 0,1$ мм)
Степень водонепроницаемости (для дисперсных)	Крупнообломочный, валунный, глыбовый ( $\geq 200$ мм) Галечниковый, щебенчатый ( $\geq 10$ мм) Гравийный, дресвяный ( $\geq 2$ мм)		
Тип, разновидность пород <sup>5</sup> (гранулометрия)	Однородный Неоднородный		
Степень неоднородности гранулометрического состава	Силикатные	Карбонатные	Сульфатные (наибольшая растворимость) Железо-магнезиальные Смешанные
Преобладающие породы <sup>6</sup>	<i>Химические</i>		
Наличие полезных компонентов <sup>7</sup>	Богатые	Рядовые	Бедные
Наличие вредных компонентов <sup>7</sup> (в том числе радиоактивных)	Имеется Не имеется		
<i>Экологические</i>			
Отнесение опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды расчетным методом	I–IV класс опасности (по порядку отнесения отходов I–IV классов опасности к конкретному классу опасности (утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 5 декабря 2014 г. № 541))		
Вредное воздействие от хранения и размещения отходов (по установленным экологическим нормативам)	Допустимое Умеренное Слабое Сильное Очень сильное		
Возможность снижения вредного воздействия отходов в районе расположения хранилищ	Имеется Не имеется		
Способность пылевыведения	Неопасные (не пылящие)	Средней опасности (пылящие)	Опасные (пылящие, с содержанием металлов)

		<i>Изученность</i>
Носители потоков рассеяния загрязняющих веществ (по растворимости, летучести, нестабильности)	Атмосферные	Атмосферные и гидрогенные
	Гидрогенные	
<i>Изученность</i>		
Геологическая	Не изучались	
	Обнаружение проявлений полезного ископаемого Разведано с составлением технико-экономического обоснования временных кондиций Разведано с составлением технико-экономического обоснования постоянных кондиций	
Технологическая	Технология переработки отсутствует	
	Технология переработки имеется, но требующая доработки или сложная, с большими затратами	
	Технология переработки применительно к данному виду (составу) сырья имеется (есть аналоги)	
	Технология переработки имеется – наилучшая доступная или наилучшая возможная	
Технологические свойства полезного ископаемого <sup>8</sup>	Благоприятные для переработки	
	Требуется дорогостоящее изучение Неблагоприятные для переработки	
По возможности переработки на предприятии-владельце отходов	Возможности не имеются	
	Возможности имеются	
Экологическая изученность	Экологические показатели переработки (или не переработки) имеются	
	Экологические показатели переработки (или не переработки) отсутствуют	
<i>Экономические показатели</i>		
Объемы техногенного сырья на нормативный срок отработки <sup>9</sup>	Имеются	
	Не имеются	
Направления использования	Дополнительный выпуск традиционной продукции (изучаются важнейшие свойства сырья с целью его использования для выпуска традиционной продукции)	
	Дополнительный выпуск традиционной и новой продукции (изучаются новые, приобретенные, неизвестные ранее свойства сырья с целью его использования в разных отраслях)	
Минимальное промышленное содержание полезных компонентов <sup>10</sup> (для рудных материалов)	Не ниже среднего содержания в разрабатываемом месторождении	
	Ниже среднего содержания в разрабатываемом месторождении	
Условия для эффективной переработки пород в стройматериалы (выход товарной продукции из 1 т горной массы, содержание загрязнений и т. д.) <sup>11</sup>	Благоприятные	
	Неблагоприятные	
Экономический эффект на единицу ТМО при его переработке <sup>12</sup>	Сопоставимы с показателями предприятий-аналогов	
	Хуже показателей предприятий-аналогов	

## Примечания к таблице:

<sup>1</sup> Изменение во времени физических и химических характеристик минеральных отходов (химико-минералогического и петрографического состава) приводит к изменению концентрации ценных компонентов и образованию различных химических соединений, в том числе токсичных. Изменение во времени токсичности отходов приводит к увеличению экономического ущерба и соответствующих платежей. Наиболее существенного прироста токсичности в процессе длительного хранения следует ожидать от отходов, складываемых при добыче и переработке руд цветных металлов, а также металлургических шлаков, содержащих зерна сульфидных минералов. В меньшей степени это относится к хвостам мокрой магнитной сепарации, образующимся при обогащении железных руд скранных месторождений, где содержание сульфидов также может быть существенным. В течение 10–15 лет практически отсутствуют пылеобразованные и окислительные процессы в отвалах вскрышных пород, некондиционных руд и шлаковых отвалах.

<sup>2</sup> Кристаллиты одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа (ГОСТ 25100-95).

<sup>3</sup> Грунт, состоящий из одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи цементационного типа (ГОСТ 25100-95).

<sup>4</sup> Грунт, состоящий из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабо связанных друг с другом, образуется в результате выветривания скальных грунтов с последующей транспортировкой продуктов выветривания водным или золовым путем (ГОСТ 25100-95).

<sup>5</sup> Содержание зерен, частиц > 50 % по массе.

<sup>6</sup> Разделение определяет интенсивность выноса загрязняющих веществ из техногенно-минерального образования. В продуктах переработки нерудного сырья металлы содержатся в виде примесей или входят в незначительных количествах в структуру силикатов. В рудном сырье металлы чаще всего находятся в виде оксидов или сульфидов, легко выносимых из сырья.

<sup>7</sup> Наличие полезных, вредных и ценных компонентов определяется по лабораторным, а в необходимых случаях – по малым или большим технологическим пробам, отобранным по результатам геолого-технологического картирования.

<sup>8</sup> Технологические свойства полезного ископаемого определяются по лабораторным, а в необходимых случаях – по малым или большим технологическим пробам, отобранным по результатам геолого-технологического картирования по основным разновидностям. При изучении намечается принципиальная схема переработки руд, обеспечивающая комплексное использование полезного ископаемого, определяются возможные технологические показатели.

<sup>9</sup> При технико-экономическом обосновании (нормальная обеспеченность запасами 25 лет).

<sup>10</sup> Минимальное промышленное содержание  $C_{\min}$  определяется исходя из условия равенства производственных затрат и результатов в цикле добычи–реализации конечной товарной продукции и используется в качестве эталона для оценки месторождения в целом или отдельных его частей. Минимальное промышленное содержание  $C_{\min} = 3 / \Pi \cdot \text{И} \cdot \text{Р} \cdot \%$  (г/т, г/м<sup>3</sup>) где 3 – полное промышленное содержание, в общем случае, определяется аналитически на основе следующего соотношения  $C_{\min} = 3 / \Pi \cdot \text{И} \cdot \text{Р} \cdot \%$  (г/т, г/м<sup>3</sup>) где 3 – полное эксплуатационные затраты на добычу и переработку 1 т руды, р.;  $\Pi$  – оптовая цена товарной продукции (металла), получаемой при переработке руд, номенклатура которой обоснована в ТЭО кондиций, р.;  $\text{И}$  – сквозное извлечение полезного компонента в товарную продукцию из минерального сырья, доли ед.;  $\text{Р}$  – коэффициент, учитывающий разубоживание при добыче, доли ед. (*Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев)*. М.: ГИЗ, 2007. 49 с.)

<sup>11</sup> Например, для строительного щебеночного завода, перерабатывающего вскрышные породы, эффективным будет являться выход товарной продукции не менее 70 %, загрязненность глинистыми материалами – не более 12 %.

<sup>12</sup> Для принятия решения о целесообразности привлечения инвестиций в освоение техногенного ресурса обычно рекомендуется пользоваться такими оценочными показателями, как чистый дисконтированный доход (ЧДД), внутренняя норма доходности (ВНД), индекс доходности (ИД) и срок окупаемости с учетом и без учета дисконтирования.

К сожалению, каких-либо рекомендаций для определения показателей по отдельным подклассам не имеется, поэтому в этих случаях можно полагаться только на экспертную оценку. Так, при определении общей степени загрязнения можно использовать показатель суммарной техногенной нагрузки, предложенный **Ю. Е. Саеом** [13], или воспользоваться методом определения интенсивности нагрузки минеральных отходов на окружающую среду, разработанным в УГГУ **М. А. Сапрыкиным** [14]. Авторы не рассматривают такой важный группировочный признак, как экономическая эффективность освоения техногенного сырья, присутствующий в других классификациях.

**Классификация минеральных образований по степени экологической опасности** представлена в работе **А. И. Семячкова** [15]. По разным признакам опасности воздействия на окружающую среду (степени влияния) рассчитаны баллы, характеризующие объекты в зависимости от занимаемой площади ( $S$ , от  $< 10$  до  $> 100$ ), удельной поверхности отходов ( $\gamma_{уд}$ , от  $< 100$  до  $> 10\,000$ ), минералогического признака ( $d$ , нерудный, рудный оксидный, рудный сульфидный, от 1 до 3), суммарной концентрации определяемых элементов ( $\Sigma K_k$ , от  $< 10$  до  $> 100$ ). Однако в данной классификации не учтены свойства, способствующие миграции компонентов в окружающую среду (кроме дисперсности), заселенность местности, условия размещения в границах муниципального образования (МО); неясен порядок определения удельной поверхности отходов (а это высшая балльность среди других показателей) и др. В классификации **В. В. Чайникова** и **Е. Л. Гольдмана** [16] вводится такой критерий, как воздействие на здоровье человека минеральных отходов, однако непонятно, как определить это воздействие.

В целом, как показывает анализ, в научной литературе наибольшее распространение получила классификация отходов по признакам состава, генезиса, возможной утилизации и, в меньшей мере, по технико-экономическим показателям. Наиболее полная **классификация по экономическим признакам предложена О. С. Брянцевой** [17], в которой выделяются три группы техногенных ресурсов по признаку их ресурсной ценности: техногенные образования, техногенные месторождения, техногенное сырье. При оценке целесообразности их вовлечения в переработку анализируются четыре основные группы специфических признаков:

- геолого-минералогические и физические (определяют возможности последующей переработки);
- технологические (определяют поведение техногенного сырья в различных технологических процессах);
- экологические (определяют степень опасности объекта для окружающей природной среды и человека);
- экономические (определяют целесообразность и эффективность использования техногенных ресурсов в разных отраслях промышленности).

Большая часть классификаций имеет опосредованное значение – для сравнительного анализа разных отходов, в учебных и других целях. В ряде случаев в классификациях либо недостаточно признаков, либо качественная составляющая признаков внутри классификационных блоков недостаточна (в первую очередь это касается таких признаков, как направление использования и степень изученности), либо отсутствуют достаточно обоснованные характеристики внутри групп признаков, что не позволяет оценить горнопромышленные отходы с точки зрения возможности их вовлечения в хозяйственный оборот. Ввиду крайней остроты проблемы накопления и использования отходов классификация техногенно-минеральных образований (ТМО) должна создаваться в первую очередь для практического применения. Потому, как считают авторы, для изучения ТМО требуются более детальные классификации, построенные иерархическим мето-



дом, позволяющие получать совокупность классификационных группировок, выделять общности и сходства признаков объектов на одной и разных ступенях, обладающие высокой информационной насыщенностью.

В предлагаемой авторской классификации, отраженной в таблице, представлен ряд факторов и признаков, влияющих на технические и экономические показатели освоения техногенно-минеральных образований или определения других путей дальнейшего движения ТМО (передача другим предприятиям, консервация, захоронение и т. д.), объединенных в семь групп: производственные – производственная среда, где образуются и накапливаются ТМО; физико-географические – физико-географические условия и среда, в которой располагаются хранилища ТМО; физико-технические – физико-технические характеристики ТМО, определяющие технико-технологические возможности организации переработки; химические – химическая характеристика ТМО; экологические; фактор изученности ТМО; экономические.

В классификацию введены группы признаков, существенных для составления технико-экономических обоснований: по водному режиму; применению загрязняющих веществ в технологии добычи и обогащения; преобладающим породам, влияющим на состояние ТМО в отвалах и других хранилищах, а также подгруппы признаков – по физико-технической характеристике с конкретными показателями (гранулометрия, прочность, физическое состояние), полученными при изучении ТМО. Считаем, что экономические признаки являются основными. В классификациях, учитывающих их, главным критерием целесообразности использования ТМО является экономическая эффективность переработки сырья. При расчетах эффективности используются различные методики и показатели оценки (абсолютные, относительные, временные): соотношения ценности получаемого продукта, включая суммарную величину предотвращаемого экономического ущерба при утилизации отходов, с затратами на его извлечение [18]; эколого-экономическая эффективность использования техногенного сырья с учетом доли переработки ТМО, необходимой для компенсации затрат на извлечение [19]; общие методы оценки эффективности инвестиционных проектов с учетом специфических отраслевых особенностей с дисконтированием и без дисконтирования и др. (*Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: утв. Минэкономики РФ, Минфином и Госстроем РФ 21.06.1999, № ВК 477. М.: Экономика, 2000. 421 с.*)

Предлагаемая классификация, отличающаяся учетом расширенного перечня факторов, может служить достаточно надежным инструментом в обосновании направлений использования отходов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Игнатъева М. Н., Литвинова А. А., Логинов В. Г. Методический инструментарий экономической оценки последствий воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2010. 168 с.
2. Ревич Б. А., Сидоренко В. Н. Методика оценки экономического ущерба здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха. М.: Акрополь, ЦЭПР, 2006. 42 с.
3. Ревич Б. А., Сидоренко В. Н. Экономические последствия воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье населения / отв. ред. В. М. Захаров, С. Н. Бобылев. М.: Акрополь, ЦЭПР, 2007. 56 с.
4. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М.: Финансы и статистика, 2001. 672 с.
5. Косолапов О. В., Игнатъева М. Н., Литвинова А. А. Формирование экономического ущерба, обусловленного последствиями воздействия горнопромышленного комплекса на окружающую среду // Экономика региона. 2013. № 1. С. 158–166.
6. Астафьева О. В., Дерягина С. Е., Манжуров И. Л. Обращение с отходами: территориальные аспекты // Проблемы региональной экологии. 2012. № 1. С. 190–195.
7. Манжуров И. Л., Екидин А. А., Овчинников С. М., Ляпустина Л. В., Антонов К. Л., Терехин Р. В., Омелькова Е. В., Маскаев С. Ю., Романов А. В., Гаврилюк А. Д. Подходы к формиро-

ванию регионального кадастра отходов производства с целью управления отходами на территории ЯНАО // Проблемы региональной экологии. 2009. № 2. С. 221–227.

8. Орлова О. Н., Бобина Н. А. О формировании и ведении Свердловского областного кадастра отходов производства и потребления // Минеральные ресурсы России. 2013. № 4. С. 45–47.

9. Шамырканов У. М. Классификация хвостохранилищ Кыргызстана // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 3. С. 41–48.

10. Баженов П. И. Комплексное использование минерального сырья для производства строительных материалов. М.: Стройиздат, 1986. 56 с.

11. Промышленная экология: конспект лекций / сост. Т. А. Кулагина, Е. П. Гриценко, Л. Н. Горбунова и др. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2007. 222 с.

12. Мормил С. И., Сальникова В. Л., Амосов Л. А. и др. Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду. М.: НИА-Природа, 2002. 206 с.

13. Сагит Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

14. Сапрыкин М. А. Инженерно-экологическая оценка техногенно-минеральных образований: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГА, 2010. 165 с.

15. Семячков А. И. Методология оценки техногенной трансформации окружающей среды под воздействием горно-металлургических комплексов. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2007. 348 с.

16. Чайников В. В., Гольдман Е. Л. Оценка инвестиций в освоение техногенных месторождений. М.: Недра-Бизнесцентр, 2000. 220 с.

17. Брянцева О. С. Развитие методического инструментария оценки эффективности использования техногенного металлургического сырья: дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2012. 153 с.

18. Толумбаев А. З., Бугаева Г. Г. Взаимосвязь освоения техногенных месторождений с природоохранными мероприятиями // Комплексное использование минерального сырья. 1990. № 9. С. 79–82.

19. Кудрявский Ю. П., Черный С. А. Эколого-экономический критерий эффективности технологической переработки производственных отходов в цветной металлургии // Цветные металлы. 2008. № 4. С. 8–11.

Поступила в редакцию 16 мая 2017 года

## THE CLASSIFICATION OF TECHNOGENIC-MINERAL FORMATIONS AS A CONDITION OF WASTE MANAGEMENT

**Kubarev M. S., Strovskii V. E.** – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: kubarev.mc@mail.ru

**Balashenko V. V.** – The Institute of Economics of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: bala10@mail.ru

The article examines one of the topical issues of the modern world – the accumulation of industrial and consumption waste, and their negative impact on human health and environment. The solution of the problem under consideration can be the organization of waste management, which primarily determines the sources of waste formation, the volume of their formation and classes of hazard. The waste cadastres contain the fullest code of information data. Their classification plays important role for the creation of cadastres and the substantiation of the directions of waste utilization; the classification should contain physical and technical characteristics of waste, data about the conditions of their development, ecological and economic utilization efficiency, possible markets, etc. Summary and analysis of common and individual classifications of technogenic-mineral formations are fulfilled. The authors classification of technogenic-mineral waste is suggested, which introduces the range of factors and features influencing technical and economic indices of technogenic-mineral formations exploitation (TMF) and the determination of the other ways of the further TMF flow (transfer to the other enterprises, conservation, burial, etc.). The said factors and features are clustered into seven groups: industrial, physical and geographic, physical and technical, chemical, ecological, the factor of TMF state of knowledge, and economic. The classification contains groups of features, significant for the development of technical and economic substantiations: according to water conditions, the use of contaminants in the technology of mining and concentration, prevailing rock influencing the state of TMF in waste dumps and storages. The classification also contains subgroups of features on the physical and technical characteristics with definite indices, acquired under the study of TMF. The given classification may serve as a sufficiently reliable instrument in the substantiation of the directions of mineral waste utilization.

**Key words:** waste; technogenic-mineral formations; mining complex; utilization directions; classification.

### REFERENCES

1. Ignat'eva M. N., Litvinova A. A., Loginov V. G. *Metodicheskii instrumentarii ekonomicheskoi otsenki posledstviia vozdeistviia gornopromyshlennykh kompleksov na okruzhaiushchuiu srediu* [Methodological instrumentarium of economic evaluation of the consequences of mining complexes environmental impact]. Ekaterinburg, IE UB RAS Publ., 2010. 168 p.
2. Revich B. A., Sidorenko V. N. *Metodika otsenki ekonomicheskogo ushcherba zdorov'iu naseleniia ot zagriazneniia atmosfernogo vozdukh* [The methods of evaluating economic damage to public health from the air pollution]. Moscow, Akropol', TsEPR Publ., 2006. 42 p.

3. Revich B. A., Sidorenko V. N. *Ekonomicheskie posledstviia vozdeistviia zagriaznennoi okruzhaiushchei sredy na zdorov'e naseleniia. Otv. red. V. M. Zakharov, S. N. Bobylev* [Economic results of the polluted environment influence on public health. Edited by V. M. Zakharov, S. N. Bobylev]. Moscow, Akropol', TsEPR Publ., 2007. 56 p.
4. Protasov V. F. *Ekologiya, zdorov'e i okhrana okruzhaiushchei sredy v Rossii* [Ecology, health, and environmental protection in Russia]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2001. 672 p.
5. Kosolapov O. V., Ignat'eva M. N., Litvinova A. A. [The formation of economic damage conditioned on the results of the mining complex impact on the environment]. *Ekonomika regiona – Economy of Region*, 2013, no. 1, pp. 158–166. (In Russ.)
6. Astaf'eva O. V., Deriagina S. E., Manzhurov I. L. [Waste management: territorial aspects]. *Problemy regional'noi ekologii – Regional Environmental Issues*, 2012, no. 1, pp. 190–195. (In Russ.)
7. Manzhurov I. L., Ekidin A. A., Ovchinnikov S. M., Liapustina L. V., Antonov K. L., Terekhin R. V., Omel'kova E. V., Maskaev S. Iu., Romanov A. V., Gavriluk A. D. [Approaches to the formation of the regional industrial waste cadastre with the purpose of waste management on the territory of YNAO]. *Problemy regional'noi ekologii – Regional Environmental Issues*, 2009, no. 2, pp. 221–227. (In Russ.)
8. Orlova O. N., Bobina N. A. [Regarding formation and conduct of Sverdlovsk regional industrial and consumption waste cadastre]. *Mineral'nye resursy Rossii – Mineral Resources of Russia*, 2013, no. 4, pp. 45–47. (In Russ.)
9. Shamyrganov U. M. [The classification of Kyrgyzstan tailing storages]. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity – Scientific and Educational Problems of the Civil Defence*, 2010, no. 3, pp. 41–48. (In Russ.)
10. Bazhenov P. I. *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ia dlia proizvodstva stroitel'nykh materialov* [Complex use of mineral raw material for the production of construction materials]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1986. 56 p.
11. *Promyshlennaiia ekologiya: konspekt lektsii. Sost. T. A. Kulagina, E. P. Grishchenko, L. N. Gorbunova i dr.* [Industrial ecology: compendium of lectures. Compiled by T. A. Kulagina, E. P. Grishchenko, L. N. Gorbunova, and others]. Krasnoyarsk, IPTs KGTU Publ., 2007. 222 p. (In Russ.)
12. Mormil' S. I., Sal'nikova V. L., Amosov L. A., and others. *Tekhnogennye mestorozhdeniia Srednego Urala i otsenka ikh vozdeistviia na okruzhaiushchuiu srediu* [Technogenic deposits of the Middle Urals and the evaluation of their environmental impact]. Moscow, NIA-Priroda Publ., 2002. 206 p.
13. Saet Iu. E., Revich B. A., Ianin E. P. *Geokhimiia okruzhaiushchei sredy* [Geochemistry of the environment]. Moscow, Nedra Publ., 1990. 335 p.
14. Saprykin M. A. *Inzhenerno-ekologicheskaiia otsenka tekhnogenno-mineral'nykh obrazovani: dis. ... kand. geol.-mineral. nauk* [Engineering and ecological evaluation of technogenic and mineral formations. Cand. of geol.-miner. sci. diss.]. Ekaterinburg, UrSMU Publ., 2010. 165 p.
15. Semiachkov A. I. *Metodologiya otsenki tekhnogennoi transformatsii okruzhaiushchei sredy pod vozdeistviem gornometallurgicheskikh kompleksov* [Methodology of estimating technogenic transformation of the environment under the influence of mining-metallurgical complexes]. Ekaterinburg, IE UB RAS Publ., 2007. 348 p.
16. Chainikov V. V., Gol'dman E. L. *Otsenka investitsii v osvoenie tekhnogennykh mestorozhdenii* [Investment appraisal of technogenic deposits]. Moscow, Nedra-Biznestsentr Publ., 2000. 220 p.
17. Briantseva O. S. *Razvitie metodicheskogo instrumentariia otsenki effektivnosti ispol'zovaniia tekhnogenno metallurgicheskogo syr'ia: dis. ... kand. ekon. nauk* [The development of methodological instrumentarium for the evaluation of technogenic metallurgical raw material utilization efficiency. Cand. econ. sci. diss.]. Ekaterinburg, IE UB RAS Publ., 2012. 153 p.
18. Tolumbaev A. Z., Bugaeva G. G. [The interrelation of technogenic deposits exploitation and environmental measures]. *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ia – Complex Use of Mineral Raw Materials*, 1990, no. 9, pp. 79–82. (In Russ.)
19. Kudriavskii Iu. P., Chernyi S. A. [Ecological and economic criterion of industrial waste processing technologies efficiency in non-ferrous metallurgy]. *Tsvetnye metally – Non-ferrous Metals*, 2008, no. 4, pp. 8–11. (In Russ.)

УДК 347.214.2:622

## ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРОВОГО УЧЕТА ЕДИНОГО НЕДВИЖИМОГО КОМПЛЕКСА ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

КОНОВАЛОВ В. Е., КОЛЧИНА Н. В., КОЛЧИНА М. Е.

*Статья посвящена особенностям подготовки документов для государственного кадастрового учета единого недвижимого комплекса горнопромышленного предприятия и регистрации прав на него. Авторами выполнен анализ особенностей состава предприятий, разрабатывающих месторождения полезных ископаемых подземным способом, и анализ отечественного законодательства в отношении единого недвижимого комплекса. Отмечено, что на современном этапе существуют разночтения в трактовке данного понятия как совокупности недвижимых вещей, к которым относят только здания и сооружения. Авторы статьи предлагают рассматривать единый недвижимый комплекс как совокупность объектов капитального строительства и земельного участка (земельных участков), на котором (которых) они находятся. В связи с этим необходимо рассматривать документ, который аккумулирует всю информацию о недвижимых вещах, образующих единый недвижимый комплекс, – карту-план единого недвижимого комплекса.*

*Ключевые слова: объект недвижимости; единый недвижимый комплекс; горнодобывающее предприятие; подземные горные выработки; государственный кадастровый учет; государственная регистрация прав; единый государственный реестр недвижимости; карта-план единого недвижимого комплекса.*

Проблемы учета объектов недвижимости и регистрации прав на них является сегодня наиболее актуальными в системе управления недвижимостью. Остается много вопросов при подготовке документов для кадастрового учета недвижимого имущества производственных предприятий, которое представляет собой имущественный и технологический комплекс, состоящий из земельного участка и зданий и сооружений, расположенных на нем, зачастую неразрывно связанных между собой. Особый интерес с этой точки зрения представляют предприятия горнодобывающей промышленности.

Комплекс недвижимых объектов горнодобывающего предприятия (ГДП), разрабатывающего месторождение полезных ископаемых *открытым способом*, состоит в основном из земельных участков, отведенных под карьеры, отвалы, объекты инженерной инфраструктуры, промплощадки, в границах которых расположены производственные здания и сооружения.

Предприятие, разрабатывающее месторождение полезных ископаемых *подземным способом*, представляет собой комплекс объектов, объединенных технологически и физически, расположенных как на земной поверхности, так и в недрах.

---

**Коновалов Владимир Ефимович** – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: vek-1951@mail.ru

**Колчина Наталья Владимировна** – старший преподаватель кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: kolchina@mail.com

**Колчина Маргарита Евгеньевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: m.e.kolchina@mail.ru

Отсутствие хотя бы одного звена в общей цепочке ведет к остановке технологического цикла, т. е. производства. Комплекс неразрывно связанных между собой объектов составляют сооружения (копер с подъемной машиной, вертикальный ствол, иные подземные выработки, вентиляционные и водоотливные установки и др.) и земельные участки, на которых они расположены. Государственный кадастровый учет (ГКУ) объектов рудника до 2017 г. осуществлялся раздельно. Например, дробильно-конвейерный комплекс, расположенный на горизонте –530 м ш. Магнетитовая Высокогорского ГОКа (г. Н. Тагил), поставлен на ГКУ как самостоятельный объект. При этом не учтен тот факт, что данный комплекс имеет непосредственную (физическую) связь с подземными горными выработками (ПГВ) и вместе они составляют единый технологический комплекс. Отсюда следует, что необходимо выполнять ГКУ всего комплекса как совокупности технологических объектов.

В 2013 г. Гражданским кодексом РФ введено понятие *единого недвижимого комплекса* (ЕНК) как совокупности объединенных единым назначением зданий, сооружений и иных вещей, неразрывно связанных физически или технологически (в том числе линейных объектов) либо расположенных на одном земельном участке, если в едином государственном реестре прав на недвижимое имущество зарегистрировано право собственности на совокупность указанных объектов в целом как одну недвижимую вещь [1].

Отсюда следует, что для признания ЕНК выделяются следующие условия: все объекты должны иметь единое назначение и быть расположенными на одном земельном участке или на нескольких, если они неразрывно связаны между собой физически или технологически [1–3].

К ЕНК также применяются следующие правила неделимой вещи:

– раздел ЕНК в натуре невозможен без разрушения, повреждения или изменения его назначения;

– ЕНК выступает в обороте как единый объект вещных прав;

– ЕНК имеет составные части, замена которых на другие составные части не влечет возникновения иной вещи, если при этом существенные свойства ЕНК сохраняются [1].

Таким образом, тесная технологическая взаимосвязь подземных и наземных производственных комплексов, ПГВ, вертикальных стволов шахт, надшахтных зданий (сооружений) и других объектов позволяет представить их в виде ЕНК, под которым понимается совокупность объединенных единым назначением зданий и сооружений, неразрывно связанных физически или технологически [3, 4].

Сегодня ГКУ и государственная регистрация прав (ГРП) на ЕНК осуществляются:

– в связи с завершением строительства объектов недвижимости, если предусмотрена эксплуатация таких объектов, как ЕНК;

– в связи с объединением нескольких объектов недвижимости, указанных в статье 133.1 Гражданского кодекса РФ, ГКУ которых осуществлен в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) и права на которые зарегистрированы в ЕГРН, по заявлению их собственника [5].

При этом до принятия Федерального закона № 218-ФЗ (закон о ГРН), вступившего в силу с 01.01.2017 г., сведения о ЕНК в государственный кадастр недвижимости (ГКН) нельзя было внести. В то же время права на них должны были быть зарегистрированы. Именно поэтому на практике ЕНК учитывался в виде отдельных элементов – здания и сооружения, входящие в состав ГДП, ставились на ГКУ как отдельные объекты недвижимости [6].

В настоящее время приняты новые нормы кадастрового учета недвижимости. В 2016 г. в процесс кадастровой деятельности внедряются *комплексные*

**Сравнительный анализ межевого плана, технического плана, карты-плана территории, карты-плана ЕНК**

Межевой план	Технический план	Карта-план территории	Карта-план ЕНК
<i>Текстовая часть</i>			
Общие сведения о кадастровых работах		Пояснительная записка	Общие сведения о кадастровых работах
Исходные данные			Исходные данные
Сведения о выполненных измерениях и расчетах		–	–
Сведения об образуемых земельных участках	–	Сведения об образуемых земельных участках	Сведения об образуемых земельных участках
Сведения об уточняемых земельных участках	–	Сведения об уточняемых земельных участках	Сведения об уточняемых земельных участках
	–	Сведения об уточняемых земельных участках, необходимые для исправления реестровых ошибок в сведениях о местоположении их границ	
Сведения об измененных земельных участках	–	–	Сведения об измененных земельных участках
Сведения об обеспечении доступа (прохода или проезда от земель общего пользования, земельных участков общего пользования, территории общего пользования) к образуемым или измененным земельным участкам	–	–	Сведения об обеспечении доступа (прохода или проезда от земель общего пользования, земельных участков общего пользования, территории общего пользования) к образуемым или измененным земельным участкам
Сведения о частях земельного участка	–	–	Сведения о частях земельного участка
–	Описание местоположения объекта недвижимости	Описание местоположения здания, сооружения, ОНС на земельном участке	Сведения о зданиях, сооружениях, ОНС
–	Характеристики объекта недвижимости	–	
–	–	Сведения о зданиях, сооружениях, ОНС, необходимые для исправления реестровых ошибок в сведениях об описании их местоположения	
–	Сведения о части (частях) объекта недвижимости	–	Сведения о части (частях) здания, сооружения, ОНС
–	Характеристики помещений, машиномест в здании, сооружении	–	Сведения о помещениях, машиноместах
Заключение кадастрового инженера		–	Заключение кадастрового инженера

Акт согласования местоположения границ земельного участка	–	Акт согласования местоположения границ земельных участков при выполнении комплексных кадастровых работ	Акт согласования местоположения границ земельного участка
–	–	Заключение или заключения согласительной комиссии о результатах рассмотрения возражений относительно местоположения границ земельных участков, обязательным приложением к которому (которым) являются указанные возражения	–
<i>Графическая часть</i>			
Схема расположения земельных участков	–	–	Схема расположения земельных участков
Чертеж земельных участков и их частей	–	Схема границ земельных участков	Чертежи земельных участков и их частей
–	Схема расположения объекта недвижимости (части объекта недвижимости) на земельном участке	–	Схема расположения ОКС и их частей на земельных участках
–	Чертеж контура объекта недвижимости (части объекта недвижимости)	–	Чертеж ОКС и их частей на земельном участке
–	План этажа (части этажа), план объекта недвижимости (части объекта недвижимости)	–	Планы зданий, сооружений и ОНС (частей объектов недвижимости)
Абрисы узловых точек границ земельных участков	–	–	Абрисы узловых точек границ земельных участков

кадастровые работы, итог которых – карта-план территории. С 01.01.2017 г. формируется единая система кадастрового учета и регистрации прав на объекты недвижимости, в том числе на ЕНК, помещение, машиноместо. Законодательством предусмотрен новый вид документа для ГКУ – единый по форме для зданий, сооружений, помещений, объектов незавершенного строительства и единого недвижимого комплекса *технический план*. В результате основанием для осуществления ГКУ недвижимости и государственной регистрации прав на нее являются межевой план и технический план, подготовленные в результате проведения кадастровых работ, а также карта-план территории, подготовленная в результате выполнения комплексных кадастровых работ [5].

Эти нововведения позволяют сформировать новые представления о содержании документов для ГКУ ряда объектов подземного рудника (шахты), представляющих собой ЕНК.

Необходимо отметить, что под ЕНК законодательство понимает совокупность объединенных единым назначением зданий, сооружений и иных вещей. Авторы статьи считают, что ЕНК включает не только здания и сооружения (наземные и подземные), но и земельные участки, с которыми объекты капитального строи-

тельства имеют прочную связь. Данное заключение сделано на основе анализа, элементами которого является следующее:

- появление термина *единый недвижимый комплекс*;
- концепция о *едином объекте недвижимости* как комплексном неделимом объекте, состоящем из земельного участка, зданий и сооружений, неразрывно с ним связанных;
- законопроект о *технологическом имущественном комплексе, едином имущественном комплексе*;
- мнения отечественных экспертов в области гражданского права и практики развитых европейских стран, таких как Франция и Германия, где недвижимостью считается только земля, а здания, сооружения, постройки, трубопроводы и линии электропередач считаются составными частями этой недвижимости и не подлежат отдельной регистрации.

Утверждение, что ЕНК – это только комплекс зданий и сооружений, противоречит основным положениям:

- Федерального закона № 257-ФЗ от 08.11.2007 г., который дает определение *автодороге* как объекту транспортной инфраструктуры, включающему в себя земельные участки в границах полосы отвода и расположенные на них или под ними конструктивные элементы и дорожные сооружения;
- Земельного кодекса РФ, который установил *принцип единства* судьбы земельного участка и расположенной на нем недвижимости;
- Гражданского кодекса РФ, который к недвижимым вещам относит земельные участки и все, что *прочно связано с землей*, т. е. здания, сооружения, объекты незавершенного строительства.

Данные исследования позволили сделать вывод, что *ЕНК – это совокупность объединенных единым назначением земельных участков и расположенных на них объектов капитального строительства, неразрывно связанных физически или технологически* [3, 7, 8, 9].

Анализ закона о ГРН [5] и Требований к техническому плану [10] в части государственного кадастрового учета ЕНК показал, что земельный участок не включен в состав ЕНК.

Учитывая изложенное, для постановки ЕНК на государственный кадастровый учет необходим новый документ, соответствующий по содержанию предложенному авторами составу ЕНК. Карта-план территории – единственный документ, который включает в себя сведения о земельных участках, зданиях и сооружениях, но он не является основанием для государственного кадастрового учета ЕНК, и не отображает всю необходимую информацию об объектах капитального строительства (ОКС). В качестве документа-основания для постановки ЕНК на ГКУ предложена *карта-план ЕНК*, включающая сведения о земельных участках (например, о территориях промплощадок или земельных участках под вентиляционными шахтами), о наземных и подземных сооружениях (для ПГВ в виде плана-проекции ПГВ).

### ***Состав разделов предлагаемой карты-плана ЕНК.***

#### ***А. Текстовая часть.***

1. Общие сведения о кадастровых работах.
2. Исходные данные.
3. Сведения об образуемых земельных участках.
4. Сведения об уточняемых земельных участках.
5. Сведения об измененных земельных участках.
6. Сведения об обеспечении доступа (прохода или проезда от земель общего пользования, земельных участков общего пользования, территории общего пользования) к образуемым или измененным земельным участкам.



7. Сведения о частях земельного участка (земельных участков).
8. Сведения о зданиях, сооружениях, объектах незавершенного строительства (ОНС).
9. Сведения о части (частях) здания, сооружения, ОНС.
10. Сведения о помещениях, машиноместах.
11. Заключение кадастрового инженера.
12. Акт согласования местоположения границ земельного участка (земельных участков).

*Б. Графическая часть.*

1. Схема геодезических построений.
2. Схема расположения земельных участков.
3. Чертежи земельных участков и их частей.
4. Схема расположения ОКС и их частей на земельных участках (земельном участке).
5. Чертеж ОКС и их частей на земельном участке.
6. Планы зданий, сооружений и ОНС (частей объектов недвижимости).
7. Абрисы узловых точек границ земельных участков.

Сравнительный анализ состава разделов текстовой части межевого плана, технического плана, карты-плана территории, карты-плана ЕНК показан в таблице [3].

Итоги исследования заключаются в следующем. Предприятия горнопромышленного комплекса, в частности ГДП с подземным циклом добычи полезного ископаемого, владеют недвижимым имуществом в виде земельных участков, зданий и сооружений, большая часть которых объединена технологически и физически, т. е. представляет собой ЕНК.

Анализ нормативных правовых актов позволил доказать, что в состав ЕНК входят не только здания и сооружения, но и земельные участки (части земельных участков), имеющие неразрывную связь с ОКС, образующими ЕНК.

С целью постановки такого ЕНК на государственный кадастровый учет и регистрации прав на него авторами предложен документ карта-план ЕНК, отображающий всю необходимую информацию о земельных участках и их частях, а также о зданиях, сооружениях и их частях, расположенных на этих земельных участках.

При этом хотелось бы отметить, что государственная регистрация прав на ЕНК полностью исключает последующую продажу отдельных объектов (элементов), включенных в состав единого недвижимого комплекса, поскольку в силу ст. 133 Гражданского кодекса РФ эти элементы утрачивают свойства самостоятельных вещей при регистрации ЕНК. В данном случае возможна только реализация всего имущественного комплекса как единого объекта. После государственной регистрации прав ЕНК становится вещью, раздел которой в натуре невозможен без повреждения, разрушения вещи или изменения ее назначения, и которая выступает в обороте как единый объект вещных прав [8].

Составная часть единого недвижимого комплекса не является самостоятельным объектом недвижимости и не может иметь самостоятельную юридическую судьбу [11].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) [Электронный ресурс]: Федер. закон от 30 ноября 1994 № 51-ФЗ (ред. от 28.03.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Позиция ВС РФ: Допускается госрегистрация единого недвижимого комплекса, даже если его части расположены на различных земельных участках [Электронный ресурс]: Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 23 июня 2015 № 25. Применимые нормы: ст. 133.1 ГК РФ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Колчина Н. В., Колчина М. Е. Подготовка документов для государственного кадастрового учета единого недвижимого комплекса // Инновационная деятельность: теория и практика. 2017. № 2(10). С. 2–9.

4. Колчина Н. В. Формирование объектов кадастрового учета горнодобывающего предприятия, разрабатывающего месторождения полезных ископаемых подземным способом // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2016. Т. 3. № 2. С. 225–229.

5. О государственной регистрации недвижимости (с изм. и доп., вступ. в силу с 02.01.2017) [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 13 июля 2015 № 218-ФЗ (ред. от 03.07.2016). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Госрегистрация недвижимости по новым правилам в 2017 году [Электронный ресурс]: Обзор, по состоянию на 13 февраля 2017. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Колесникова Ж. А. В ГК РФ появилось понятие единого недвижимого комплекса. Плюсы и минусы новой конструкции // *Арбитражная практика*. 2013. № 10. С. 40–46.

8. Калужная О. И. Единый недвижимый комплекс – новый вид недвижимой вещи // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2017. Т. 3. № 1. С. 41–45.

9. The integral real estate complex as a new type of real estate and other amendments to the regulation of the subject-matter of civil law rights [Электронный ресурс]: *Legal Update* No. 424, 19 July 2013. URL: [gblplaw.com/news/legal/74883/](http://gblplaw.com/news/legal/74883/)

10. Об утверждении формы технического плана и требований к его подготовке, состава содержащихся в нем сведений, а также формы декларации об объекте недвижимости, требований к ее подготовке, состава содержащихся в ней сведений [Электронный ресурс]: Приказ Минэкономразвития России от 18 декабря 2015 № 953 (ред. от 01.11.2016) (Зарегистрировано в Минюсте России 02 марта 2016 № 41304). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

11. Позиция ВС РФ: Составная часть единого недвижимого комплекса не является самостоятельным объектом недвижимости [Электронный ресурс]: Определение Верховного Суда РФ от 19 июля 2016 № 18-КГ16-61. Применимые нормы: п. 1 ст. 130, ст. 133.1 ГК РФ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Поступила в редакцию 3 мая 2017 года

## PECULIARITIES OF DOCUMENTS PREPARATION FOR THE STATE CADASTRAL REGISTRATION OF A MINING ENTERPRISE UNIFIED IMMOVABLE COMPLEX

Kononov V. E., Kolchina N. V., Kolchina M. E. – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: vek-1951@mail.ru

The article is dedicated to some peculiarities of documents preparation for the state cadastral registration of a mining enterprise unified immovable complex and its rights registration. The authors fulfilled the analysis of the peculiarities of composition of plants which develop deposits with underground method, and the analysis of the native legislation concerning the unified immovable complex. It has been noted that at the modern stage there exist some variant readings in the interpretation of the given notion as the total of immovable things to which only buildings and structures are referred. The authors of the article suggest considering the unified immovable complex as the total of capital construction objects and an estate (or estates) where it (or they) is (are) situated. Consequently the question arises about the composition and content of the document, which accumulates the whole information about immovable things which constitute the unified immovable complex. The said document is a map-plan of a unified immovable complex.

**Key words:** immovable property object; unified immovable complex; mining enterprise; underground mine workings; state cadastral registration; Unified State Register of Immovable Property; map-plan of a unified immovable complex.

### REFERENCES

1. Civil Code of the Russian Federation (part 1) [electronic source]: approved by the State Duma on October 21, 1994, no. 51-FZ (as amended on February 7, 2017). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
2. Position of the Supreme Court of the Russian Federation: state registration of the unified immovable complex is considered acceptable even if its parts are situated at various estates [electronic source]: Resolution of Plenum of Supreme Court of the Russian Federation of June 23, 2015, no. 25. Applicable codes: rule 133.1 CC RF. Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
3. Kolchina N. V., Kolchina M. E. [Preparation of the documents for the state cadastral registration of the unified immovable complex]. *Innovacionnaja dejatel'nost': teorija i praktika – Innovative activity: Theory and Practice*, 2017, no. 2(10), pp. 2–9. (In Russ.)
4. Kolchina N. V. [Forming the items of cadastral registration of the mining enterprise developing mineral deposits with underground method]. *Interexpo Geo-Sibir' – Interexpo Geo Siberia*, 2016, vol. 3, no.2, pp. 225–229. (In Russ.)
5. Regarding the state registration of immovable property (as amended and supplemented, come into force from January 2, 2017) [electronic source]: Federal law of July 13, 2015, no. 218-FZ (as amended on July 3, 2016). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
6. State registration of immovable property according to the new rules in 2017 [electronic source]: review, as on February 13, 2017. Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
7. Kolesnikova Zh. A. [In CC RF there emerges the notion of the unified immovable complex. Pros and cons of the new construction]. *Arbitrazhnaja praktika – Arbitration Practice*, 2013, no. 10, pp. 40–46. (In Russ.)
8. Kaljuzhnaja O. I. [The unified immovable complex is a new type of immovable thing]. *Interjeksno Geo-Sibir' – Interexpo Geo Siberia*, 2017, vol. 3, no. 1, pp. 41–45. (In Russ.)

9. The integral real estate complex as a new type of real estate and other amendments to the regulation of the subject-matter of civil law rights [electronic source]: Legal Update no. 424, July 19, 2013. Available at: [gblplaw.com/news/legal/74883/](http://gblplaw.com/news/legal/74883/)

10. Regarding the approval of a form of engineering plan and requirements for its preparation, the content of information within, as well as the form of declaration about the object of immovable property, requirements to its preparation, the content of information within [electronic source]: the Order of the Ministry of Economic Development of Russia of December 18, 2015, no. 953 (as amended on November 1, 2016) (Registered in the Ministry of Justice of Russia on March 2, 2016, no. 41304). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)

11. Position of the Supreme Court of the Russian Federation: a part of the unified immovable complex is not an independent property unit [electronic source]: Decision of the Supreme Court of the Russian Federation of July 19, 2016, no. 18-KG16-61. Applicable codes: point 1 rule 130, rule 133.1 CC RF. Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)

---

УДК 711.332.1

## СОЗДАНИЕ И ВЕДЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УРОВНЕ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

БЕДРИНА С. А., ЕРШОВА Т. Л., ЧЕРНИЧЕНКО Е. А.

*Создание и ведение информационных ресурсов градостроительной деятельности необходимо для обеспечения оптимально обоснованных управленческих решений по развитию горно-промышленных территорий. Эта деятельность возможна на базе оперативного предоставления органам власти полной объективной информации о территориальных резервах с возможностью прогнозирования эффективных результатов. Особое внимание должно уделяться разделу сведений изученности природных и техногенных условий на основании материалов и результатов инженерных изысканий. Полноценное внедрение информационной системы градостроительной деятельности в соответствии с Градостроительным кодексом невозможно без осуществления: комплексного анализа развития горнопромышленной территории; оценки объектов недвижимости с целью повышения доходной части бюджета от собираемости налогов; оперативной выдачи разрешительной документации на строительство объектов недвижимости на основании материалов и результатов инженерных изысканий; мониторинга объектов градостроительной деятельности с целью оценки соответствия их текущего использования утвержденным документам территориального планирования с учетом подработанных территорий городов. Ситуация рассматривается на примере деятельности отдела градостроительства и архитектуры территории Кушвинского городского округа.*

**Ключевые слова:** информационная система обеспечения градостроительной деятельности; горнопромышленные территории; природные и техногенные условия; изученность природных и техногенных условий; территориальные резервы; инвестиционно-строительная деятельность; финансово-экономические последствия; развитие социальной сферы; градостроительный регламент; управленческие решения; органы местного самоуправления.

Информационная система обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) в муниципальном образовании необходима для принятия оптимально обоснованных управленческих решений по развитию территории на базе оперативного предоставления органам власти полной объективной информации о территориальных резервах с возможностью прогнозирования эффективных результатов, а также о ее фактическом состоянии и использовании в процессе инвестиционно-строительной деятельности [1].

В соответствии со ст. 56 Градостроительного кодекса, ИСОГД включает в себя девять разделов и дела о застроенных и подлежащих застройке земельных участках (рис. 1).

При работе с горнопромышленными территориями особое значение должно уделяться разделу ИСОГД «Сведения об изученности природных и техногенных условий на основании материалов и результатов инженерных изысканий».

---

**Бедрина Светлана Анатольевна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: svetlanabedrina@mail.ru

**Ершова Татьяна Леонидовна** – старший преподаватель кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: Tatyana\_ershowa958@mail.ru

**Черниченко Елена Александровна** – студентка кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

При дальнейшем территориальном планировании необходимо учитывать материалы, содержащие достоверную информацию:

- о состоянии минеральных ресурсов, других полезных ископаемых;
- отработанных месторождениях, складировании отходов первичной переработки;
- опасных производственных объектах;
- границах зон сдвижения горных пород;
- проводимых и планируемых техногенных мероприятиях;
- границах подработанных территорий городов;
- климатических условиях;
- развитии инженерной инфраструктуры существующих районов месторождений.

Рассмотрим создание и ведение информационных ресурсов градостроительной деятельности на примере Кушвинского городского округа (КГО), который является муниципальным образованием Свердловской области и относится к Горнозаводскому управленческому округу. Административным центром городского округа является г. Кушва.

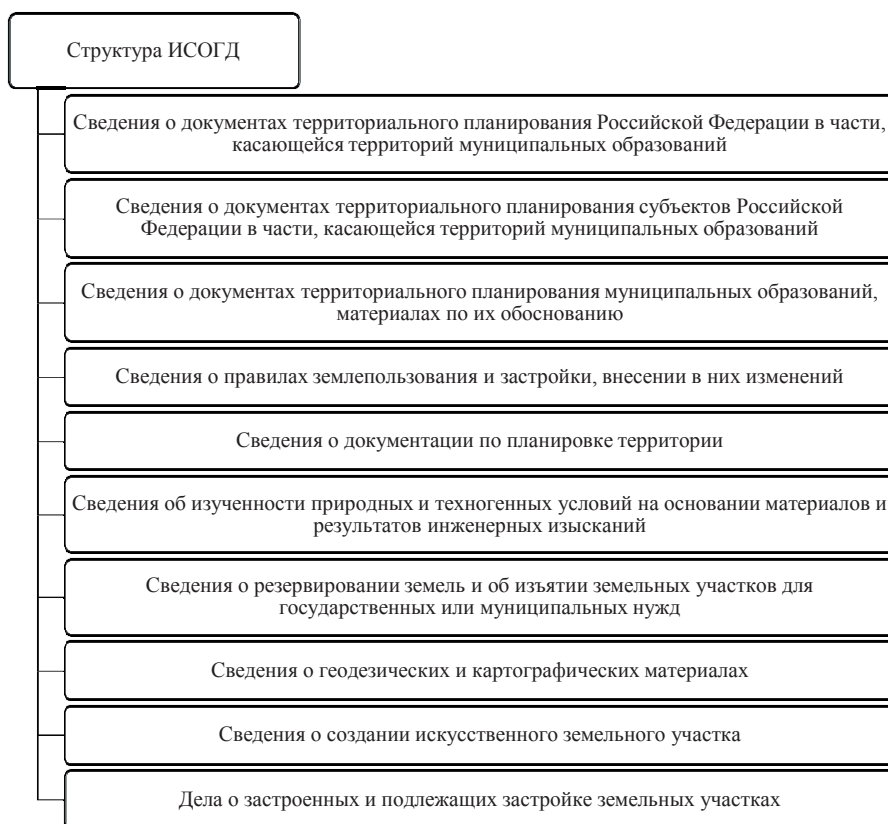


Рис. 1. Разделы ИСОГД

В настоящее время это промышленный центр Среднего Урала, здесь работает множество предприятий разных отраслей промышленности. Все эти предприятия являются градообразующими, и от того, какие управленческие решения будут приняты относительно развития данной горнопромышленной территории, зависит ее будущее: финансово-экономическое состояние, развитие социальной сферы, повышение конкурентоспособности муниципального образования.

Согласно Градостроительному кодексу Российской Федерации, в течение одиннадцати лет (с 1 июля 2006 г.) всем муниципальным образованиям и городским округам Свердловской области необходимо было создать и вести информационные системы обеспечения градостроительной деятельности [1]. Градостроительный кодекс РФ предусматривает внедрение ИСОГД только в муниципальных районах и городских округах. Предполагается, что все управленческие решения, касающиеся развития определенной горнопромышленной территории, будут приниматься на первичном уровне, где устанавливаются градостроительные регламенты и выносятся решения о застройке земельных участков с учетом изученности природных и техногенных условий.

Отдел градостроительства и архитектуры является функциональным органом местного самоуправления, наделен собственными полномочиями, обладает правами юридического лица в соответствии с гражданским законодательством, с особенностями, предусмотренными для органов местного самоуправления федеральным законом, устанавливающим общие принципы организации местного самоуправления в Российской Федерации, согласно Уставу КГО [2].

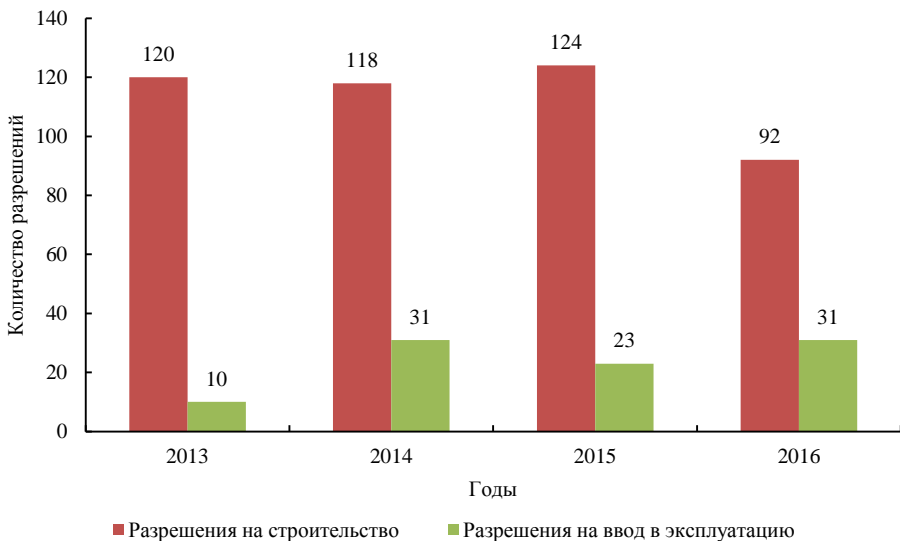


Рис. 2. Разрешения на строительство и ввод в эксплуатацию

Полноценное внедрение ИСОГД позволит:

- проводить комплексный анализ развития горнопромышленной территории с целью эффективного управления;
- оценивать объекты недвижимости для повышения доходной части бюджета от собираемости налогов;
- улучшить инвестиционный климат путем обеспечения инвесторов достоверной информацией для принятия решений;
- осуществлять оперативную выдачу исходно-разрешительной документации на строительство объектов недвижимости на основании материалов и результатов инженерных изысканий;
- выполнять мониторинг объектов градостроительной деятельности с целью оценки соответствия их текущего использования утвержденным документам территориального планирования с учетом подработанных территорий городов;
- обеспечивать решение задач территориального планирования, архитектурно-строительной деятельности, мониторинга использования территорий и состояния объектов капитального строительства (ОКС).

Ведение информационной системы обеспечения градостроительной деятельности является одним из полномочий отдела, реализуемым на территории городского округа с 2007 г. в соответствии с положением о порядке ведения книг, входящих в состав ИСОГД.

Самым непростым этапом является начало использования ИСОГД, внедрение происходит поступательно. В течение десяти лет осуществлялись только слабые попытки создания автоматизированной системы. Разработка классификатора документов КГО была начата в 2017 г.

Создание ИСОГД происходит недостаточно динамично, но показатели деятельности растут с каждым годом. В настоящее время невозможно представить муниципальное управление без информационных технологических ресурсов, надежно вошедших во все сферы градостроительной деятельности.



Рис. 3. Показатели предоставления муниципальных услуг в КГО

Для обеспечения полноценного функционирования отдела градостроительства и архитектуры следует решить проблему информатизации градостроительной деятельности, которая содержит следующие аспекты:

- внедрение и обновление единой картографической основы (адресный и дежурный план, схемы территориального планирования, планировки, зонирования), регламентов, тематических карт, в том числе зон влияния подземных горных выработок, предназначенных для многопользовательского доступа;
- создание и сопровождение адресного реестра, реестров объектов капитального строительства, градостроительных документов и др.;
- статистический анализ и разработка справочной информации, качественное прогнозирование градостроительной ситуации с учетом проблем техногенной опасности для рационального землепользования и застройки;
- проведение мониторинга и паспортизации объектов строительства.

На сегодняшний день отделом градостроительства и архитектуры ведется статистический анализ по следующим документам: разрешения на строительство и на ввод в эксплуатацию, которые выдаются в соответствии с ограничениями видов разрешенного использования земель (рис. 2).

На рис. 3 представлены показатели предоставления муниципальных услуг за последние два года.

Сегодня в отделе градостроительства и архитектуры КГО работают грамотные специалисты, которые готовы решать поставленные задачи по ведению ИСОГД, но им необходимо повышать квалификацию, выполнять свою работу на специально оборудованном рабочем месте, оснащенном новой компьютерной техникой, и использовать современное программное обеспечение.

Вопросы по организации и финансированию создания и ведения информационных систем обеспечения градостроительной деятельности можно решить только с заинтересованным руководством администрации городского округа. Только в этом случае, при внимательном и чутком отношении к процессу внедрения ИСОГД и при технически грамотном его использовании, он станет значимым, существенно влияющим на эффективность работы органов архитектуры, вследствие чего повысится инвестиционная активность на горнопромышленной территории муниципального образования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Закон от 29 декабря 2004 № 190-ФЗ (ред. от 19.12.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Устав Кушвинского городского округа [Электронный ресурс]: зарегистрирован распоряжением Правительства Свердловской области от 30 июня 2005 г. № 737-РП. Регистрационный номер 14-14. URL: <https://vkushve.ru>

Поступила в редакцию 28 апреля 2017 года

### CREATION AND MAINTENANCE OF INFORMATION RESOURCES OF TOWN PLANNING AT THE LEVEL OF MUNICIPAL UNIT

**Bedrina S. A., Ershova T. L., Chernichenko E. A.** – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: [svetlanabedrina@mail.ru](mailto:svetlanabedrina@mail.ru)

Creation and maintenance of information resources of town planning is necessary to ensure optimally sound management decisions for the development of mining areas. This activity is possible on the basis of prompt provision to the authorities of full objective information on territorial reserves with the possibility of predicting effective results. Particular attention should be given to the division of information on the study of natural and technogenic conditions on the basis of materials and the results of engineering surveys. Full implementation of the information system of town planning, in accordance with the Town Planning Code, is impossible without the implementation of comprehensive analysis of the development of the mining area, valuation of real estate items in order to increase the revenue side of the budget from tax collection, prompt issuance of permits for the construction of real estate items on the basis of materials and results of engineering surveys, monitoring of objects of town planning activity with the purpose of their current use conformity estimation to the approved documents of territorial planning, considering the underworked territories of cities. The situation is examined by the example of the activities of the Department of Urban Development and Architecture of the territory of the Kushvinsky urban district.

**Key words:** information system of ensuring town planning activity; mining areas; natural and technogenic conditions; the study of natural and technogenic conditions; territorial reserves; investment and construction activities; economic and financial consequences; social development; town planning regulations; management decisions; local authorities.

#### REFERENCES

1. Town planning Code of the Russian Federation [electronic source]: Law of December 29, 2004, no. 190-FZ (as amended on December 19, 2016) (as amended and supplemented, come into force from January 1, 2017). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
2. Kushvinsky urban district Statute [electronic source]: registered by Sverdlovsk Region Government's Decree of June 30, 2005, no. 737-RP. Registration no. 14-14. Available at: <https://vkushve.ru> (In Russ.)



УДК 332.025.13

## ОБЗОР ПРОБЛЕМ ЗЕМЕЛЬНОГО НАДЗОРА В РАЙОНАХ С РАЗВИТОЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ

ГОЛОВИНА Е. М., GERMANOVICH Ю. Г.

*В статье обзорно рассматриваются проблемы, возникающие в результате воздействия на окружающую среду горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий. Земля и ее недра являются источником хозяйственной деятельности горнопромышленного комплекса. Рассмотрены цели и задачи охраны земель в соответствии с Земельным кодексом Российской Федерации. Уделено внимание правовой и законодательной базе, регулирующей земельные отношения, названы органы, уполномоченные осуществлять государственный надзор в области охраны окружающей среды. На современном этапе земельный фонд значительной части территории Российской Федерации затронут разными негативными процессами, возникающими в результате воздействий горно-промышленного комплекса: возникновение техногенных ландшафтов, загрязнение и захламливание земель, неуклонное снижение плодородия почв, проявление техногенной сейсмичности. Результатом хозяйственной деятельности стало сокращение площадей сельскохозяйственных угодий и увеличение площадей нарушенных земель, обусловленное интенсивным развитием промышленного производства. Действенным механизмом, призванным осуществлять контроль за качественным состоянием и использованием земельного фонда, является мониторинг земель, находящихся в зоне влияния горнодобывающих промышленных комплексов, представляющий собой составную часть государственного мониторинга земель.*

**Ключевые слова:** Росприроднадзор; Росреестр; Россельхознадзор; земельный надзор; горнопромышленные предприятия; охрана окружающей среды; производственная деятельность; истощение и загрязнение земель; рекультивация; техногенно-природные опасности; инженерно-геологические опасности.

В Российской Федерации ст. 9 Конституции РФ устанавливается, что земля и другие природные ресурсы, на которые распространяются властные полномочия государства, используются и охраняются как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории [1]. Земля, все, что на ней произрастает, полезные ископаемые – главное богатство, основа и условие существования государства и каждого человека. Земля имеет особую социальную ценность и значимость как природный ресурс, как территория и как недвижимость, непрерывно воспроизводящая материальные блага и выполняющая ряд других жизненно важных факторов.

Главным принципом земельных отношений является рациональное использование и охрана земель. Под основными целями охраны земель, в соответствии с п. 2 ст. 12 Земельного кодекса Российской Федерации [2], понимается:

– предотвращение деградации, загрязнения, захламливания, нарушения земель, других вредных воздействий хозяйственной деятельности;

– обеспечение улучшения и восстановления земель, подвергшихся деградации, загрязнению, захлавлению, нарушению, другим вредным воздействиям хозяйственной деятельности.

---

Головина Елена Михайловна – старший преподаватель кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: gtf.gdk@ursmu.ru

Германович Юлия Геннадьевна – старший преподаватель кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Использование земельных ресурсов – необходимое условие для всех сфер хозяйственной деятельности, в том числе горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности. Горнопромышленная территория включает горный и земельный отвод горнопромышленного комплекса (земельные участки, необходимые для разработки месторождений полезных ископаемых и размещения сопутствующих технологических объектов), зоны с особыми условиями использования территорий, возникающие при разработке месторождений полезных ископаемых.

Горнопромышленный комплекс нашей страны играет определяющую роль в народном хозяйстве и является поставщиком большей части минерального сырья и топлива. При суммарной добыче минеральных ресурсов более чем 6,5 млрд т в год общие потери в недрах составляют 2,5 млрд т, в том числе устранимые при нынешнем уровне техники на сумму 5–7 млрд р. Производственная деятельность горнопромышленного комплекса оказывает значительное воздействие на окружающую среду: в атмосферу выбрасывается около 50 млн т вредных веществ, в водоемы сбрасывается более 2 млрд м<sup>3</sup> загрязненных сточных вод, на поверхности земли складировается более 8 млрд т твердых отходов.

Для обеспечения устойчивого развития территорий необходимо принимать во внимание воздействие производимых горных работ на окружающую среду. Земли, предоставленные для недропользования, подвергаются разрушению. Меняется их качественное состояние, экономическая привлекательность. Под влиянием горного производства происходит изменение природных территориальных комплексов, в пределах которых расположено месторождение полезных ископаемых, их преобразование в результате антропогенной деятельности в горнопромышленные ландшафты.

Анализ состояния земельных ресурсов показывает, что уровень экологически допустимого воздействия на земли в ряде регионов страны превышен, существует реальная угроза полного истощения и загрязнения земель.

Вынос вследствие разработки месторождений фитотоксичных пород и биологически агрессивных компонентов на поверхность земли сказывается на качестве почв. Часто отсутствует реальная возможность возврата землям их прежней ценовой категории и использования земель в соответствии с их прежним целевым назначением.

Организациям горнодобывающей и нефтегазовой промышленности предоставляются земельные участки для разработки полезных ископаемых после оформления горного отвода, утверждения проекта рекультивации земель, восстановления ранее отработанных земель [3, 4]. Как правило, лицензия на право пользования недрами выдается на несколько лет, зачастую на несколько десятков лет. Следовательно, изменение состояния земель не является одномоментным. Деградационные изменения носят длительный и латентный характер. В целях своевременного выявления изменений состояния земель, их оценки и прогноза, разработки мероприятий по предотвращению и устранению последствий негативных процессов на земле предусматривается проведение мониторинга земель, усиление контроля за использованием и охраной земель. При этом необходимо иметь в виду длительность горнодобывающей деятельности, в процессе которой земли используются для разработки месторождения поэтапно. Вследствие этого актуальной становится задача поэтапного возвращения этих земель в хозяйственный оборот. Однако в том виде, в котором они существуют после окончания горных работ, это не представляется возможным.

Особое место в регулировании отношений по использованию земли для целей недропользования занимает процедура возврата восстановленным землям их ка-

дастровой стоимости и обеспечение возможности того целевого использования этих земель, которое существовало до их изъятия недропользователем.

Нарушенные земли утрачивают ценность в хозяйствовании и отрицательно влияют на окружающую среду из-за нарушенного почвенного покрова или образования техногенного рельефа. Для восстановления хозяйственной ценности земель производится их рекультивация. Для этого их сначала нужно инвентаризовать – выявить, учесть и картографировать, определить площади и установить уровень качества. Это целый комплекс действий, направленных на восстановление народно-хозяйственной ценности опустошенных почв, их продуктивности, на улучшение условий всей окружающей среды. Рекультивация территорий, нарушенных открытыми и подземными горными работами, восполняет земельные ресурсы, выбывающие из сельскохозяйственного оборота, улучшает санитарно-гигиенические условия жизни и деятельности человека в горно-промышленных районах.

Отношения, возникающие в процессе восстановления нарушенных земель, регулируются Земельным кодексом РФ, Законом РФ «О недрах», Законом РФ «Об охране окружающей среды», Постановлением Правительства РФ № 140 от 23 февраля 1994 г. «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы».

Традиционно горнопромышленный комплекс (ГПК) подразделяется на горное предприятие, добывающее полезное ископаемое, и обогатительную фабрику, изготавливающую обогащенный концентрат или готовый продукт. Территориально ГПК реализуется на поверхности в пределах земельного отвода и в недрах – в пределах горного отвода. На карьерные отвалы отводится 20 % общей площади территории горных предприятий, на хранилища отходов обогатительных фабрик – 13 %, на отвалы и отходы шахт – 5 %, полностью непригодны из-за оседаний и провалов поверхности земли – 3 %. Объем горных работ ежегодно увеличивается, в настоящее время под отвалы уходит примерно 10–15 га в год.

История разработки месторождений полезных ископаемых на территории России насчитывает более 300 лет, и горнопромышленные ландшафты простираются на сотни тысяч гектаров, в отдельных регионах России (Урал, Кузбасс, КМА, Кольский полуостров и др.) уже являясь источниками техногенных катастроф [3, 4].

На территориях интенсивного хозяйственного освоения и крупных городов широкое распространение имеют виды опасностей, получивших название техногенно-природных или инженерно-геологических. Появление таких процессов связано с интенсивным антропогенным воздействием на окружающую среду, под влиянием которого появляются новые или интенсифицируются медленно развивающиеся природные процессы. Среди техногенно-природных процессов наибольшую опасность представляют наведенная сейсмичность, опускание территорий, подтопление, карстово-суффозионные провалы, техногенные геофизические поля.

В последние годы открыт новый феномен в динамике земной коры, получивший название наведенной или техногенной сейсмичности. Суть этого явления заключается в том, что антропогенные воздействия могут приводить к образованию дополнительных напряжений внутри Земли и влиять на развитие природных процессов: ускорять накопление напряжений, увеличивая частоту проявления землетрясений, или способствовать разрядке уже накопившихся напряжений, т. е. являться спусковым механизмом подготовленного природой сейсмического события.

Интенсивная откачка подземных вод и изменение установившегося гидродинамического режима на территориях, пораженных древним карстом, может вызвать нарушение их устойчивости и развитие так называемых карстово-

суффозионных процессов, приводящих к образованию провальных воронок техногенно-природного происхождения. В некоторых районах эти процессы развиваются настолько быстро, что становятся опасными не только для зданий и сооружений, но и для людей.

Наблюдение за этими явлениями осуществляют органы государственного надзора в области охраны окружающей среды – государственного экологического надзора (Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [5]. Постановлением Правительства Российской Федерации от 8 мая 2014 г. № 426 утверждено «Положение о федеральном государственном экологическом надзоре», которое вступило в силу с 30 июня 2015 г. [6]. Целью проведения государственного экологического надзора является принятие предусмотренных действующим законодательством мер по пресечению и(или) устранению последствий выявленных нарушений. Правом его осуществления наделены Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) и территориальные органы в пределах своей компетенции в рамках других видов государственного надзора.

Из текста Правил, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 8 мая 2014 г. № 426, следует, что в состав государственного экологического надзора входит государственный земельный надзор (ГЗН). Мероприятия по ГЗН, согласно «Положению о государственном земельном надзоре» от 2 января 2015 г. № 1, осуществляются Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр), Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) и Федеральной службой по надзору в сфере природопользования и их территориальными органами (Росприроднадзор).

Важнейшей стороной проблемы взаимодействия горного производства с окружающей средой в современных условиях является все более усиливающаяся обратная связь, т. е. влияние условий окружающей среды на выбор решений при проектировании, строительстве горных предприятий и их эксплуатации (способ осушения месторождения, вид рекультивации, способ отбойки горной массы, размещения внешних отвалов и др.).

Для разработки и успешной реализации общегосударственной программы рационального и эффективного использования минеральных ресурсов в сочетании с охраной окружающей среды необходимо под иным углом зрения рассматривать деятельность горного предприятия и интенсивно развивать научные исследования в этом направлении.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Земельный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 30.12.2015) (с изм. и доп., внесенными на 01.01.2016). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Коновалов В. Е. Структура землепользования горнопромышленного комплекса и пути его оптимизации // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сб. тр. II Междунар. науч.-техн. конф., 3–4 апр. 2013 г. Екатеринбург: УГГУ, 2013. С. 60–65.
4. Коновалов В. Е. Технологические объекты горнопромышленного комплекса – основа формирования горнопромышленных ландшафтов // Изв. вузов. Горный журнал. № 6. 2014. С. 27–32.
5. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (с изм. и доп., внесенными на 29.12.2015). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. О федеральном государственном экологическом надзоре [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 8 мая 2014 № 426. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

**REVIEW OF LAND CONTROL PROBLEMS IN THE AREAS WITH DEVELOPED MINING INDUSTRY**

**Golovina E. M., Germanovich Iu. G.** – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation.  
E-mail: gtf.gdk@ursmu.ru

The article overviews the problems which arise as the result of the environmental impact of mining and mining and processing enterprises. The Earth and its bowels are the source of commercial activity of mining complex. The article examines goals and targets of land protection in accordance with the Land Code of the Russian Federation. Attention is given to the legal and legislative framework regulating land relations. Authorities are mentioned, which exercise state control in the sphere of environmental protection. At the modern stage the land resources of a significant part of the territory of the Russian Federation is affected by different negative processes, which arise as the result of mining complex impact: technogenic landscapes generation, land pollution and littering, steady decline in soil fertility, and manifestation of technogenic seismic activity. The reduction of land dedicated to agricultural production has become the result of commercial activity, together with the extension of disturbed lands as the result of extensive development of industrial production. Practical mechanism meant to control qualitative condition and the utilization of the land resources within the zone of mining complexes impact, represents an integral part of state monitoring of lands.

**Key words:** Federal state environmental supervision, the Federal service for supervision in the sphere of nature use (Rosprirodnadzor); Federal service for state registration, cadastre and cartography (Rosreestr); land control; mining enterprises; environmental protection; the depletion and contamination of land; reclamation; technogenic and natural geotechnical hazards.

## REFERENCES

1. The Constitution of the Russian Federation [electronic source]: (adopted by popular vote December 12, 1993) (as amended, amended Laws of the Russian Federation on amendments to the Constitution of the Russian Federation from December 30, 2008 no. 6-FKZ, from December 30, 2008 no. 7-FCL from February 5, 2014 no. 2-FKZ, from July 21, 2014 no. 11-FCL). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
  2. Land code of the Russian Federation [electronic source]: October 25, 2001 no. 136-FZ (as amended on December 30, 2015) (with the amendments and additions of January 1, 2016). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
  3. Konovalov V. E. [Structure of land use of the mining industry and ways of its optimization]. *Innovatsionnye geotekhnologii pri razrabotke rudnykh i nerudnykh mestorozhdenii: sb. tr. II Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., 3–4 apr. 2013 g.* [Proc. 2nd Int. Sci. Tech. Conf. “Innovative geotechnology in the development of ore and non-metallic deposits” (3rd–4th April, 2013)]. Ekaterinburg, UrSMU Publ., 2013, pp. 60–65. (In Russ.)
  4. Konovalov V. E. [Technological objects of the mining complex is the basis of the of the mining landscapes formation]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2014, no. 6, pp. 27–32. (In Russ.)
  5. On the protection of the environment [electronic source]: the Federal law of January 10, 2002, no. 7-FZ (with the amendments and additions of December 29, 2015). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
  6. On the Federal state ecological supervision [electronic source]: decree of the Government of the Russian Federation of May 8, 2014, no. 426. Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
-

УДК 622.4

## ТЕПЛОВАЯ ПОДГОТОВКА ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА ПРИ ТРУБОПРОВОДНОМ ПРОВЕТРИВАНИИ КАРЬЕРА

МОРИН А. С., КОРЗУХИН И. В.

*Приведено описание проблемы воздухообмена на объектах открытых горных работ. Предложены уравнения для расчета дефицита энергии неустойчивости атмосферы карьеров. Дано описание нового энергосберегающего способа предупреждения и ликвидации внутрикарьерных температурных инверсий, осуществляемого путем подачи по трубам свежего воздуха, нагреваемого в каналах погруженного в реку теплообменника. По разработанной методике выполнен расчет технических параметров вентиляционной системы, реализующей этот способ. Показано, что на начальной стадии развития инверсии в карьере Горевского ГОКа для восполнения дефицита тепла не более чем за 24 ч необходимо от одной (при глубине карьера  $H < 300$  м) до трех (при  $H > 390$  м) вентиляционных установок с индивидуальной производительностью  $100 \text{ м}^3/\text{с}$ .*

*Ключевые слова: воздухообмен; пыль и газы; температурная инверсия; дефицит энергии неустойчивости атмосферы; аварийные простои карьера; аэродинамическая связь; трубопроводные вентиляционные системы; теплообменные каналы; массовый расход; плотность и статическое давление.*

При эксплуатации глубоких карьеров в северных и восточных регионах России отмечено, что основная часть аварийных простоев, обусловленных загазованностью атмосферы, регистрируется в холодное время года при дефиците тепла [1, 2]. В зимний период, когда радиационное излучение подстилающей земной поверхности преобладает над инсоляцией, термический фактор почти всегда отрицательно влияет на интенсивность естественного воздухообмена и нередко способствует скоплению пыли и ядовитых газов на дне карьера или на некоторой высоте в виде темного или серо-белесоватого облака (рис. 1). Сложность практического решения обозначенной проблемы стало возможно представить после численной оценки энергии возбуждения воздухообменных процессов при устойчивой стратификации атмосферы [3–5]. В работе [4] показано, что для преобразования атмосферы некоторых действовавших в то время глубоких карьеров из устойчивого инверсионного состояния (при вертикальном градиенте температуры  $\gamma = -0,05 \text{ К/м}$ ) в адиабатическое ( $\gamma = 0,01 \text{ К/м}$ ) необходимо восполнить дефицит энергии  $\Delta E_y$ , в размере от 531 до 1303 ГДж, что эквивалентно количеству тепла, выделяющемуся при полном сгорании 12,3–30 т керосина. Для аналогичного преобразования атмосферы карьера Удачный на разных этапах его отработки, по данным института «Якутнипроалмаз», требовалось от 3024 до 10 728 ГДж тепловой энергии [5].

---

**Морин Андрей Степанович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной графики. 660025, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 95, Сибирский федеральный университет. E-mail: AMorin@sfu-kras.ru

**Корзухин Игорь Васильевич** – аспирант кафедры инженерной графики. 660025, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 95, Сибирский федеральный университет. E-mail: igorkorzuhin@gmail.com

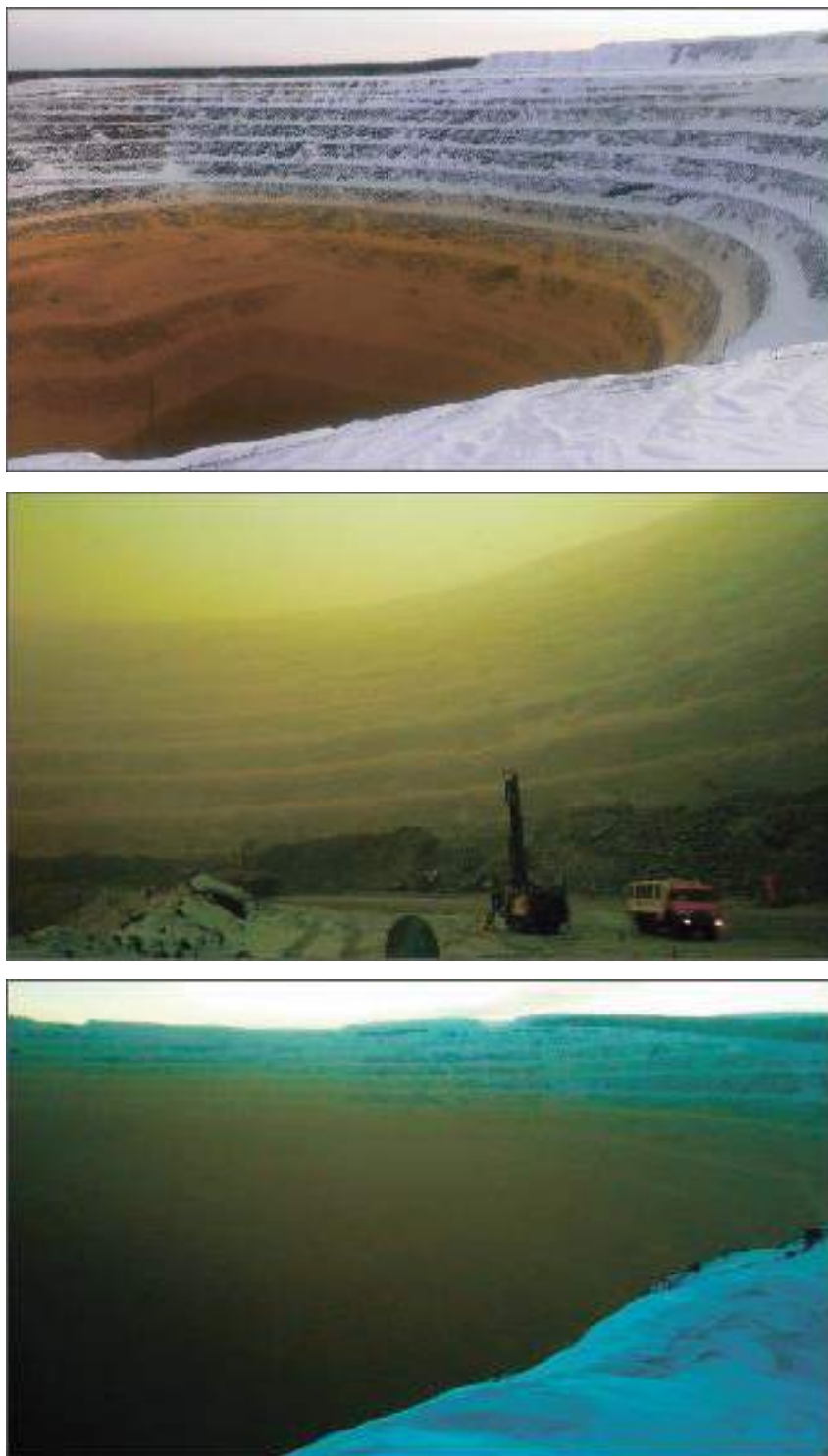


Рис. 1. Загрязнение атмосферы карьера Восточный при нарушении естественного воздухообмена по причине дефицита тепла (Красноярский край, декабрь 2015 г.)

При прогнозировании пылегазового режима Центрального карьера Горевского ГОКа (Красноярский край) был испытан новый упрощенный подход к оценке энергетических параметров его атмосферы (рис. 2). При достижении предельной глубины  $H = 540$  м дефицит энергии неустойчивости атмосферы карьера может достигать

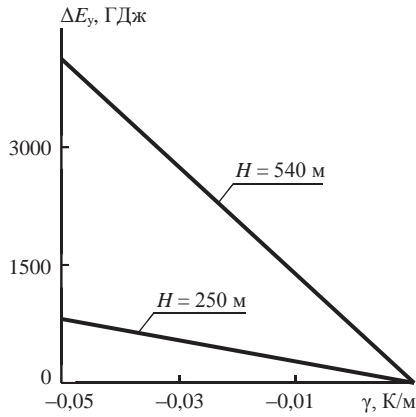


Рис. 2. Изменение дефицита энергии неустойчивости  $\Delta E_y$  атмосферы карьера Горевского ГОКа в зависимости от вертикального температурного градиента  $\gamma$  при глубине карьера  $H$

Значения параметров  $T_V^a$ ,  $T_V^n$  и  $\rho_V^n$  с достаточной точностью были определены по формулам:

$$T_V^a = T_A + \gamma^a H_V = 254,7 \text{ К}; \quad (2)$$

$$T_V^n = T_A + \gamma^n H_V = 245,6 \text{ К}; \quad (3)$$

$$\rho_V^n = p_V^n / (RT_V^n) = 1,468 \text{ кг/м}^3, \quad (4)$$

где  $T_A = 253,2$  К – температура воздуха на поверхности карьера;  $\gamma^a = 0,01$  К/м и  $\gamma^n = -0,05$  К/м – вертикальный температурный градиент при адиабатическом и инверсионном состоянии атмосферы соответственно;  $H_V = 0,25H(r_1^4 - r_2^4 - r_2^3(r_1 - r_2)) / ((r_1^3 - r_2^3)(r_1 - r_2)) = 152,7$  м – глубина горизонта, делящего объем  $V_k$  Центрального карьера пополам [6];  $p_V^n = p_A(T_A / T_V^n)^{H_V / (29,27\Delta T^n)} = 103\,467$  Па – статическое давление воздуха на глубине  $H_V$  при инверсионном состоянии атмосферы,  $p_A = 101\,325$  Па – статическое давление воздуха на поверхности карьера,  $\Delta T^n = T_A - T_V^n = 7,6$  К – разность температур воздуха на поверхности карьера и на глубине  $H_V$  при инверсионном состоянии атмосферы;  $R = 287,1$  Дж/(кг · К) – газовая постоянная для воздуха.

Для оценки корректности представленной методики расчет величины  $\Delta E_y$  продублирован более трудоемким методом численного интегрирования. Погрешность полученного результата ( $\Delta E_y = 4072$  ГДж) составила 1,3 %.

Одним из способов обеспечения вертикальной аэродинамической связи в Центральном карьере при углублении горных работ ниже 250 м является снабжение карьера свежим воздухом по вентиляционным трубопроводам [1, 2]. При инверсии температуры энергетическое воздействие трубопроводной системы на атмосферу карьера может многократно превышать количество затрачиваемой на ее работу энергии [7], при этом, в отличие от беструбных систем, исключается

$$\Delta E_y = c_p \rho_V^n V_k (T_V^a - T_V^n) = 4126 \cdot 10^9 \text{ Дж}, \quad (1)$$

где  $c_p = 1009$  Дж/(кг · К) – удельная изобарная теплоемкость воздуха при температурах  $T_V^a$ ,  $T_V^n$ ;  $T_V^a$ ,  $T_V^n$  – средняя температура воздуха в объеме карьера при адиабатическом и инверсионном состоянии атмосферы соответственно, К;  $\rho_V^n$  – средняя плотность воздуха в объеме карьера при инверсионном состоянии атмосферы, кг/м<sup>3</sup>;  $V_k = \pi H(r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) / 3 = 304,1 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup> – объем карьера, форма которого приближенно описывается усеченным конусом при радиусах оснований по верху  $r_1 = 690$  м и по дну  $r_2 = 80$  м.



рециркуляционный режим обмена внутрикарьерной атмосферы с внешней средой в безветренную погоду [8]. В рассматриваемом случае имеется возможность дополнительно увеличить энергетическую эффективность вентиляционной системы за счет использования тепловых ресурсов прилегающей к карьеру р. Ангары (рис. 3). С этой целью подачу воздуха к установленной на руслоотводной дамбе 1 вентиляторной станции 2 осуществляют по теплоизолированному всасывающему воздухопроводу 3 и погруженным в реку 4 стальным теплообменным каналам 5 с двумя коллекторами 6 и 7. Верхнюю крышку коллектора 6 изготавливают с продольным разрезом, над которым размещают воздухозаборную камеру с жалюзи. От вентиляторной станции 2 к нижней зоне карьера 8 прокладывают теплоизолированный нагнетательный воздухопровод 9, оснащенный воздушным клапаном 10.

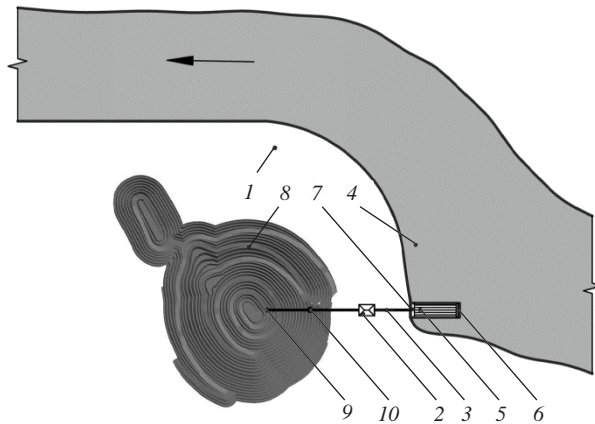


Рис. 3. Схема подачи в карьер нагретого в теплообменных каналах воздуха

В летний период при теплой погоде охлажденный в теплообменных каналах 5 воздух поступает в карьер по воздухопроводам 3 и 9 самотеком. Вентилятор 2 включают в работу на короткие промежутки времени, например при производстве взрывных работ. В зимний период осуществляют принудительную подачу воздуха, нагретого в теплообменнике 5 до положительных температур. В результате достигаются прямой санитарно-гигиенический эффект, вызванный поступлением в застойную зону карьера свежего воздуха, и косвенный, связанный с восполнением дефицита тепла в атмосфере.

Для оценки технических параметров трубопроводной системы в условиях карьера Горевского ГОКа выполнен ее эксплуатационный расчет.

1. Предварительно на генеральном плане Центрального карьера глубиной  $H = 250$  м измерены радиусы карьера по верху  $r_1 = 455$  м и по дну  $r_2 = 190$  м и задана схема размещения воздухопроводов. Затем определен объем карьера  $V_k = 86,3$  млн  $m^3$ , задана производительность вентилятора  $Q_{\text{вент}} = 100$   $m^3/c$ , построен профиль вентиляционной сети  $AF$  (рис. 4), на нем отмечены местные сопротивления движению воздуха и измерена протяженность отдельных участков  $CD$ ,  $DE$  и  $EF$  ( $L_{CD} = 350$  м;  $L_{DE} = 530$  м;  $L_{EF} = 370$  м) воздухопроводной магистрали  $CF$ . Для зимнего периода (ноябрь–март) заданы средние значения температуры  $t_A = -20$  °С ( $T_A = 253,2$  К) и статического давления атмосферного воздуха на поверхности карьера  $p_A = 101\,325$  Па, вертикальный температурный градиент атмосферы внутри карьера  $\gamma = -0,05$  К/м, а также температура воды в р. Ангаре  $t_p = 1$  °С ( $T_p = 274,2$  К).

## 2. Массовый расход воздуха в вентиляционной сети $AF$

$$M = p_A Q_{\text{вент}} / (RT_{BF}) = 128,7 \text{ кг/с},$$

где  $T_{BF} = T_p = 274,2 \text{ К}$  – температура воздуха в теплоизолированной части  $BF$  сети (потери тепловой энергии через стенку воздуховода  $BF$  были приняты равными

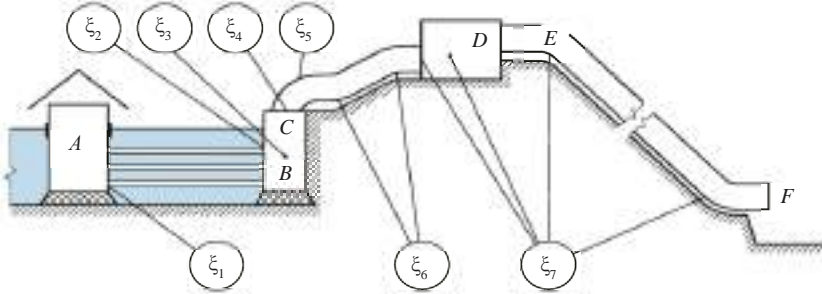


Рис. 4. Профиль вентиляционной сети с указанием местных аэродинамических сопротивлений

количеству тепла, вырабатываемого силами трения и давления в проточном канале вентилятора и в воздуховоде  $BF$ ).

## 3. Плотность воздуха в коллекторе $A$

$$\rho_A = p_A / (RT_A) = 1,394 \text{ кг/м}^3.$$

4. Для теплообменного участка  $AB$  по ГОСТ 8732-78 взяты стальные бесшовные горячедеформированные трубы с наружным диаметром  $d_{AB} = 0,133 \text{ м}$ . При толщине стенки  $\delta_{AB} = 0,004 \text{ м}$  внутренний диаметр теплообменных каналов  $D_{AB} = 0,125 \text{ м}$ . Количество теплообменных каналов  $AB$

$$n_k = 4M / (\rho_A \pi D_{AB}^2 v_{p1}) = 470,$$

где  $v_{p1} = 16 \text{ м/с}$  – расчетная скорость движения воздуха на входе в теплообменные каналы.

## 5. Средняя скорость движения воздуха в теплообменных каналах $AB$

$$v_{AB} = 4MRT_{AB} / (n_k p_A \pi D_{AB}^2) = 16,672 \text{ м/с},$$

где  $T_{AB} = (T_A + T_{BF}) / 2 = 263,7 \text{ К}$  – средняя температура воздуха внутри теплообменных каналов.

## 6. Число Рейнольдса для воздушного потока внутри стальной трубы $AB$

$$\text{Re}_{AB} = v_{AB} D_{AB} / \nu_{AB} = 167 \ 121,$$

где  $\nu_{AB} = 12,47 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  – кинематическая вязкость воздуха при температуре  $T_{AB}$  [9].

## 7. Число Нуссельта для воздушного потока внутри стального канала [10]

$$\text{Nu}_{AB} = 0,018 \text{Re}_{AB}^{0,8} = 271,5.$$

8. Коэффициент теплоотдачи стальной трубы воздуху [10]

$$\alpha_{AB} = \text{Nu}_{AB} \lambda_B / D_{AB} = 52,128 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

где  $\lambda_B = 0,024 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре  $T_{AB}$  [9].

9. Число Рейнольдса водяного потока, обтекающего стальные трубы  $AB$ ,

$$\text{Re}_ж = v_ж d_{AB} / \nu_ж = 45\,862,$$

где  $v_ж = 0,6 \text{ м}/\text{с}$  – скорость обтекания труб  $AB$  водой;  $\nu_ж = 1,74 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  – кинематическая вязкость воды при температуре  $T_p$  [9].

10. Число Нуссельта при продольном обтекании водой внешней поверхности цилиндрической трубы [10]

$$\text{Nu}_ж = 0,021 \text{Re}_ж^{0,8} \text{Pr}_ж^{0,43} (\text{Pr}_ж / \text{Pr}_c)^{0,25} E_L = 342,5,$$

где  $\text{Pr}_ж = 13,3$  и  $\text{Pr}_c = 13,3$  – число Прандтля для воды и для воды у стенки трубы соответственно при температуре  $T_p$  [9];  $E_L = 1$  – показатель изменения среднего коэффициента теплоотдачи по длине  $L$  трубы при  $L/d > 50$  [10].

11. Коэффициент теплоотдачи воды поверхности трубы [10]

$$\alpha_ж = \text{Nu}_ж \lambda_ж / d_{AB} = 1424,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

где  $\lambda_ж = 0,553 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  – коэффициент теплопроводности воды при температуре  $T_p$  [9].

12. Линейный коэффициент теплоотдачи стальной трубы [10]

$$K_L = (1/(\alpha_ж d_{AB}) + \ln(d_{AB}/D_{AB})/(2\lambda_{ст}) + 1/(\alpha_{AB} D_{AB}))^{-1} = 6,2723 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}),$$

где  $\lambda_{ст} = 45,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  – коэффициент теплопроводности стали [9, 10].

13. Линейная плотность теплового потока на 1 м длины стального воздуховода  $AB$  [9, 10]

$$q_L = K_L \pi (T_p - T_{AB}) = 206,9 \text{ Вт}/\text{м}.$$

14. Мощность теплового потока от воды к нагреваемому воздуху

$$P = M c_p \Delta T_{ж-в} = 2\,727\,024,3 \text{ Вт},$$

где  $c_p = 1009 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  – удельная изобарная теплоемкость воздуха при температуре  $T_A$  [9];  $\Delta T_{ж-в} = T_p - T_A = 21 \text{ К}$  – полный температурный напор между водой в реке и воздухом в трубах  $AB$ .

15. Необходимая длина теплообменного участка  $AB$

$$L_{AB} = P / (q_L n_k) = 28,0 \text{ м}.$$

16. Ориентировочная величина потерь давления на участке  $AB$ 

$$\Delta \bar{p}_{AB} = 8M^2 \lambda_{AB} L_{AB} / (n_k^2 \rho_A \pi^2 D_{AB}^5) + 0,5 \xi_{\Sigma 1} \rho_A v_A^2 = 969 \text{ Па},$$

где  $\lambda_{AB} = 0,11(K_{\Sigma 1} / D_{AB})^{0,25} = 0,022$  – коэффициент линейных потерь давления на участке  $AB$ ,  $K_{\Sigma 1} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$  – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности бесшовных стальных труб после нескольких лет эксплуатации [11];  $\xi_{\Sigma 1} = 0,5$  – коэффициент местного аэродинамического сопротивления прямого входа, выполненного заподлицо со стенкой [11];  $v_A = 4M / (n_k \rho_A \pi D_{AB}^2) = 16,007 \text{ м/с}$  – скорость движения воздуха на входе в теплообменные каналы.

17. Среднее статическое давление воздуха в теплообменных каналах  $AB$ 

$$p_{AB} = p_A - 0,5 \Delta \bar{p}_{AB} = 100\,841 \text{ Па}.$$

18. Средняя плотность воздуха в теплообменных каналах  $AB$ 

$$\rho_{AB} = p_{AB} / (RT_{AB}) = 1,332 \text{ кг/м}^3.$$

19. Потери давления в теплообменных каналах  $AB$ 

$$\Delta p_{AB} = 8M^2 \lambda_{AB} L_{AB} / (n_k^2 \rho_{AB} \pi^2 D_{AB}^5) + 0,5 \xi_{\Sigma 1} \rho_{AB} v_A^2 = 1010 \text{ Па}.$$

20. Масса теплообменных каналов  $AB$ 

$$m_{AB} = \pi(d_{AB} - \delta_{AB}) \delta_{AB} \rho_{\text{ст}} L_{AB} n_k = 167\,465,4 \text{ кг},$$

где  $\rho_{\text{ст}} = 7850 \text{ кг/м}^3$  – плотность стали.

21. Водоизмещение погруженных в реку теплообменных каналов  $AB$ 

$$f_{AB} = 0,25 \pi d_{AB}^2 \rho_{\text{ж}} L_{AB} n_k = 182\,830,7 \text{ кг},$$

где  $\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$  – плотность воды.

22. Необходимая масса балласта, компенсирующая избыточное водоизмещение теплообменных каналов  $AB$ ,

$$m_{\text{тр}} = f_{AB} - m_{AB} - m_{\text{в}} = 15\,150,2 \text{ кг},$$

где  $m_{\text{в}} = 0,25 \pi D_{AB}^2 \rho_{AB} L_{AB} n_k = 215,1 \text{ кг}$  – масса воздуха, заключенного в теплообменных каналах.

23. Плотность воздуха в приемном коллекторе  $BC$ 

$$\rho_B = p_B / (RT_{BF}) = 1,274 \text{ кг/м}^3,$$

где  $p_B = p_A - \Delta p_{AB} = 100\,315 \text{ Па}$  – статическое давление воздуха на входе в коллектор  $BC$ .

24. Потери давления в коллекторе  $BC$ 

$$\Delta p_{BC} = 0,5 \rho_B v_{BC}^2 \sum \xi_{BC} = 147 \text{ Па},$$

где  $v_{BC} = M / (\rho_B S_{BC}) = 2,590 \text{ м/с}$  – скорость движения воздуха в коллекторе  $BC$  при его сечении в плане  $S_{BC} = 39,0 \text{ м}^2$ ;  $\sum \xi_{BC} = \xi_2 + \xi_3 = 34,4$  – сумма коэффициен-

тов местных аэродинамических сопротивлений в коллекторе  $BC$ ,  $\xi_2 = (v_B / v_{BC} - 1)^2 = 33,2$  – коэффициент сопротивления внезапного расширения;  $v_B = 4M / (n_k \rho_B \pi D_{AB}^2) = 17,515$  м/с – скорость воздушного потока на входе в коллектор;  $\xi_3 = 1,2$  – коэффициент сопротивления резкого поворота на  $90^\circ$  [11].

25. Плотность воздуха на входе в трубопровод  $CF$

$$\rho_C = p_C / (RT_{BF}) = 1,272 \text{ кг/м}^3,$$

где  $p_C = p_B - \Delta p_{BC} = 100\,168$  Па – статическое давление воздуха на входе во всасывающий воздуховод  $CD$ .

26. Внутренний диаметр трубопровода  $CF$

$$D_{CF} = \sqrt{4M / (\rho_C \pi v_{p2})} = 2,421 \text{ м},$$

где  $v_{p2} = 22$  м/с – расчетная скорость движения воздуха на входе в трубопровод  $CF$ . В последующих расчетах использовалось значение  $D_{CF} = 2,4$  м.

27. Ориентировочная величина потерь давления на участке  $CD$

$$\Delta \bar{p}_{CD} = 8M^2 (\lambda_{CF} L_{CD} / D_{CF} + \sum \xi_{CD}) / (\rho_C \pi^2 D_{CF}^4) = 731 \text{ Па},$$

где  $\lambda_{CF} = 0,11(K_{32} / D_{CF})^{0,25} = 0,00822$  – коэффициент линейных потерь давления в трубопроводе  $CF$ ,  $K_{32} = 7,5 \cdot 10^{-5}$  м – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубопровода из стеклопластика с учетом локальных разрывов на стыках [1];  $\sum \xi_{CD} = \xi_4 + \xi_5 + 2\xi_6 + 2\xi_7 = 1,1$  – сумма коэффициентов местных аэродинамических сопротивлений на участке  $CD$ ,  $\xi_4 = 0,5(1 - S_{CF} / S_{BC}) = 0,442$  – коэффициент сопротивления внезапного сужения на входе в трубопровод  $CF$ , площадь сечения которого  $S_{CF} = \pi D_{CF}^2 / 4 = 4,524$  м<sup>2</sup>;  $\xi_5 = 0,25$  – коэффициент сопротивления плавного поворота на  $90^\circ$ ;  $\xi_6 = \xi_5 \theta_n / 90^\circ = 0,08$  – коэффициент сопротивления плавного поворота на угол  $\theta_n = 30^\circ$ ;  $\xi_7 = \xi_5 \theta_n / 90^\circ = 0,125$  – коэффициент сопротивления плавного поворота на угол  $\theta_n = 45^\circ$  [11].

28. Среднее статическое давление воздуха в воздуховоде  $CD$

$$p_{CD} = p_C - 0,5 \Delta \bar{p}_{CD} = 99\,803 \text{ Па}.$$

29. Средняя плотность воздуха в воздуховоде  $CD$

$$\rho_{CD} = p_{CD} / (RT_{BF}) = 1,268 \text{ кг/м}^3.$$

30. Потери давления в воздуховоде  $CD$

$$\Delta p_{CD} = 8M^2 (\lambda_{CF} L_{CD} / D_{CF} + \sum \xi_{CD}) / (\rho_{CD} \pi^2 D_{CF}^4) = 734 \text{ Па}.$$

31. Температура атмосферного воздуха на дне карьера

$$T_F = T_A + \gamma H = 240,7 \text{ К}.$$

## 32. Атмосферное давление на дне карьера

$$p_F = p_A (T_A / T_F)^{H / (29,27 \Delta T)} = 104\,892 \text{ Па},$$

где  $\Delta T = T_A - T_F = 12,5 \text{ К}$  – разница температур воздуха на поверхности и на дне карьера.

33. Плотность воздуха на выходе из вентиляционной сети  $AF$ 

$$\rho_F = p_F / (RT_{BF}) = 1,332 \text{ кг/м}^3.$$

34. Динамическое давление вентилятора, теряемое на выходе из вентиляционной сети  $AF$ ,

$$p_d = 0,5 \rho_F v_F^2 = 304 \text{ Па},$$

где  $v_F = 4M / (\rho_F \pi D_{CF}^2) = 21,358 \text{ м/с}$  – скорость движения воздуха на выходе из вентиляционной сети.

35. Тепловая депрессия в нагнетательном воздуховоде  $EF$ 

$$p_\Gamma = p_F (1/T_{\text{внеш}} - 1/T_{\text{внут}}) g H / R = 359 \text{ Па},$$

где  $T_{\text{внеш}} = (T_A + T_F) / 2 = 247,0 \text{ К}$  – средняя температура атмосферы карьера по высоте воздуховода  $EF$ ;  $T_{\text{внут}} = T_{BF} = 274,2 \text{ К}$  – средняя температура воздуха в воздуховоде  $EF$ ;  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

36. Ориентировочная величина потерь давления на участке  $EF$ 

$$\Delta \bar{p}_{EF} = 8M^2 (\lambda_{CF} L_{EF} / D_{CF} + \sum \xi_{EF}) / (\rho_F \pi^2 D_{CF}^4) = 461 \text{ Па},$$

где  $\sum \xi_{EF} = 2\xi_7 = 0,25$  – сумма коэффициентов местных аэродинамических сопротивлений на участке  $EF$ .

37. Среднее статическое давление воздуха в воздуховоде  $EF$ 

$$p_{EF} = 0,5 (p_A + p_\Gamma + \Delta \bar{p}_{EF} + p_F) = 103\,519 \text{ Па}.$$

38. Средняя плотность воздуха в воздуховоде  $EF$ 

$$\rho_{EF} = p_{EF} / (RT_{BF}) = 1,315 \text{ кг/м}^3.$$

39. Потери давления на участке  $EF$ 

$$\Delta p_{EF} = 8M^2 (\lambda_{CF} L_{EF} / D_{CF} + \sum \xi_{EF}) / (\rho_{EF} \pi^2 D_{CF}^4) = 467 \text{ Па}.$$

40. Плотность воздуха на входе во внутрикарьерный воздуховод  $EF$ 

$$\rho_E = p_E / (RT_{BF}) = 1,298 \text{ кг/м}^3,$$

где  $p_E = p_A + p_\Gamma + \Delta p_{EF} = 102\,151 \text{ Па}$  – статическое давление воздуха на входе во внутрикарьерный воздуховод.

41. Ориентировочная величина потерь давления на участке  $DE$

$$\Delta \bar{p}_{DE} = 8M^2 \lambda_{CF} L_{DE} / (\rho_E \pi^2 D_{CF}^5) = 566 \text{ Па.}$$

42. Среднее статическое давление воздуха в нагнетательном воздуховоде  $DE$

$$p_{DE} = p_A + p_\Gamma + 0,5 \Delta \bar{p}_{DE} + \Delta p_{EF} = 102\,434 \text{ Па.}$$

43. Плотность воздуха в воздуховоде  $DE$

$$\rho_{DE} = p_{DE} / (RT_{BF}) = 1,301 \text{ кг/м}^3.$$

44. Потери давления на участке  $DE$

$$\Delta p_{DE} = 8M^2 \lambda_{CF} L_{DE} / (\rho_{DE} \pi^2 D_{CF}^5) = 565 \text{ Па.}$$

45. Полные потери давления в вентиляционной сети  $AF$

$$p_n = \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CD} + \Delta p_{DE} + \Delta p_{EF} = 2923 \text{ Па.}$$

46. Полное давление вентилятора

$$p_{\text{вент}} = p_\Gamma + p_n + p_d = 3586 \text{ Па.}$$

Для обеспечения требуемых рабочих параметров  $Q_{\text{вент}}$  и  $p_{\text{вент}}$  был принят изготавливаемый Артемовским машиностроительным заводом ОАО «Вентпром» (Россия, Свердловская область) осевой вентилятор ВО-16-10АР с электроприводом мощностью  $N_{\text{дв}} = 500$  кВт при частоте вращения ротора  $n = 1500$  об./мин, КПД вентилятора в заданной рабочей точке  $\eta_{\text{вент}} = 0,81$  [12].

47. Тепловая мощность потерь энергии во внутрикарьерном воздуховоде  $EF$

$$N_{EF}^{\text{теп}} = M \Delta p_{EF} / (1000 \rho_{EF}) = 45,7 \text{ кВт.}$$

48. Механическая мощность воздушной струи на выходе  $F$  из воздухопроводной сети

$$N_F^{\text{мех}} = M p_d / (1000 \rho_F) = 29,4 \text{ кВт.}$$

49. Тепловая мощность воздушной струи на выходе  $F$  из вентиляционной сети при инверсионном ( $\gamma = -0,05$  К/м) распределении температур в карьере

$$N_F^n = M c_p \Delta T_{\text{в-к}}^n / 1000 = 4333,0 \text{ кВт,}$$

где  $c_p = 1005$  Дж/(кг · К) – удельная изобарная теплоемкость воздуха при температуре  $T_{BF}$  [9];  $\Delta T_{\text{в-к}}^n = T_{BF} - T_F^n = 33,5$  К – полный температурный напор между приточным воздухом и воздухом в карьере при  $T_F^n = T_A - 0,05H = 240,7$  К.

50. Тепловая мощность воздушной струи на выходе  $F$  из вентиляционной сети при адиабатическом ( $\gamma = 0,01$  К/м) распределении температур в карьере

$$N_F^a = M c_p \Delta T_{\text{в-к}}^a / 1000 = 2392,9 \text{ кВт,}$$

где  $\Delta T_{\text{в-к}}^a = T_{BF} - T_F^a = 18,5$  К – полный температурный напор между приточным воздухом и воздухом в карьере при  $T_F^a = T_A + 0,01H = 255,7$  К.

51. Тепловая мощность воздушной струи на выходе  $F$  из вентиляционной сети при преобразовании атмосферы карьера из инверсионного состояния в адиабатическое

$$N_F^{\text{теп}} = (N_F^{\text{и}} + N_F^{\text{а}}) / 2 = 3363,0 \text{ кВт.}$$

52. Мощность теплового и механического воздействия трубопроводной вентиляционной системы на атмосферу карьера

$$N_{\text{в}} = N_{\text{EF}}^{\text{теп}} + N_{\text{F}}^{\text{мех}} + N_{\text{F}}^{\text{теп}} = 3438,1 \text{ кВт.}$$

53. Необходимая продолжительность работы вентиляционной установки для преобразования атмосферы карьера из инверсионного состояния в адиабатическое при равновесном действии природных факторов, способствующих поддержанию или ликвидации температурной инверсии

$$t = \Delta E_{\text{y}} / (3600 N_{\text{в}}) = 65,4 \text{ ч,}$$

где  $\Delta E_{\text{y}} = 8,1 \cdot 10^8$  кДж – дефицит энергии неустойчивости атмосферы карьера (см. рис. 2), рассчитанный по формулам (1)–(4).

54. Объем приточного воздуха, необходимый для разрушения инверсии,

$$V_{\text{в}} = 3600 Q_{\text{вент}} t = 23\,544\,000 \text{ м}^3.$$

55. Коэффициент обмена атмосферы карьера с внешней средой при ликвидации инверсии

$$k = V_{\text{в}} / V_{\text{к}} = 0,27.$$

56. Электрическая мощность вентиляционной системы

$$N = k_{\text{всп}} P_{\text{вент}} Q_{\text{вент}} / (1000 \eta_{\text{вент}} \eta_{\text{дв}} \eta_{\text{с}}) = 526,1 \text{ кВт,}$$

где  $k_{\text{всп}} = 1,05$  – коэффициент, учитывающий мощность вспомогательного оборудования;  $\eta_{\text{дв}} = 0,93$  – КПД электродвигателя вентилятора;  $\eta_{\text{с}} = 0,95$  – КПД электросети предприятия.

57. Показатель энергетической эффективности трубопроводной вентиляционной системы при разрушении инверсии температуры [7]

$$K = N_{\text{в}} / N = 6,5.$$

В заключение отметим следующее. При высокой активности природных факторов, формирующих внутрикарьерную инверсию (например, при интенсивном радиационном выхолаживании приземного слоя), подача заданных объемов теплого воздуха по трубам, вероятно, не даст практически ощутимого результата при разрушении устойчивой стратификации атмосферы по всей глубине карьера. И наоборот, при однонаправленном действии средств вентиляции и природных факторов (например, солнечной радиации) процесс ликвидации температурной инверсии может быть ускорен в несколько раз при относительно небольших энергетических затратах [3, 8]. В обоих случаях условия труда в нижней части карьера существенно улучшатся за счет поступления свежего воздуха с поверхности. Сопоставление результатов анализа энергетического состояния атмосферы Цен-



трального карьера (рис. 2) с рабочими характеристиками представленной вентиляционной системы дает основание полагать, что на начальной стадии развития инверсии в карьере (при  $\gamma = 0 \text{ K/m}$ ) для восполнения дефицита тепла не более чем за 24 ч необходимо от одной (при глубине карьера  $H < 300 \text{ м}$ ) до трех (при  $H > 390 \text{ м}$ ) вентиляционных установок с индивидуальной производительностью  $100 \text{ м}^3/\text{с}$ .

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисов Ф. И., Морин А. С. Расчет воздухопроводов с водяным подогревом для интенсификации естественного проветривания карьеров // Изв. вузов. Горный журнал. 2014. № 1. С. 47–55.
2. Морин А. С., Борисов Ф. И., Корзухин И. В. Оптимальные параметры воздухопроводов для проветривания карьера в режиме самотяги // Горная промышленность. 2014. № 1. С. 114–118.
3. Филатов С. С. Вентиляция карьеров. М.: Недра, 1981. 206 с.
4. Конорев М. М. Искусственная вентиляция и пылегазоподавление в атмосфере карьеров: дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург, 1999. 363 с.
5. Еремеев В. И., Забелин В. В., Луцишин С. В. Вопросы аэрологии глубоких карьеров ПНО «Якуталмаз» // Проблемы разработки глубоких карьеров: сб. трудов Междунар. симпозиума «Мирный-91». Удачный: Мастер, 1991. С. 515–519.
6. Прядко Ю. Г., Караваев В. Г. Теоретическая механика. Геометрия масс. Челябинск: ЮУрГУ, 2006. 105 с.
7. Морин А. С., Буткин В. Д., Новоселов Р. Г. Энергосберегающие схемы и средства искусственного проветривания глубоких карьеров // Изв. вузов. Горный журнал. 2003. № 6. С. 21–27.
8. Морин А. С. Технология проветривания глубоких и сверхглубоких карьеров. М.: МАКС Пресс, 2006. 160 с.
9. Луканин В. Н., Шатров М. Г., Камфер Г. М. и др. Теплотехника. М.: Высшая школа, 2000. 671 с.
10. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. 344 с.
11. Вильнер Я. М., Ковалев Я. Т., Некрасов Б. Б. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Минск: Вышэйшая школа, 1976. 416 с.
12. Абрамов А. П. Характеристики осевых вентиляторов серии «АэроVENT ВО-АР». Кемерово: КузПИ, 2013. 54 с.

Поступила в редакцию 25 апреля 2017 года

## THERMAL TREATING OF INCOMING AIR UNDER THE PIPELINE OPEN PIT VENTILATION

Morin A. S., Korzukhin I. V. – Siberian Federal University, Krasnoyarsk, the Russian Federation.  
E-mail: AMorin@sfu-kras.ru

The article introduces the description of the problem of air exchange at opencast mining works. Equations are introduced to calculate open pit atmosphere liability energy shortage. The description of a new energy saving method of preventing and controlling internal open pit thermal inversions is introduced; the method is carried out by means of piping fresh air warmed up in the pipes of a heat-transfer device immersed into the river. The calculation of technical parameters of ventilation system realizing this method is fulfilled according to the developed principles. It is shown that at the initial stage of inversion development in the open pit of Gorevsky GOK in order to make up for the shortage of heat not more than within 24 hours it is required to use one (under the depth of an open pit  $H < 300 \text{ m}$ ) – three (under  $H > 390 \text{ m}$ ) of ventilation installations with individual capacity  $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

**Key words:** air exchange; dust and gas; thermal inversion; atmosphere liability energy shortage; emergency downtime of an open pit; aerodynamic connection; pipeline ventilation systems; heat exchange pipes; mass flow rate; density and static pressure.

#### REFERENCES

1. Borisov F. I., Morin A. S. [Calculation for air ducts with water heating for intensification of the natural ventilation of pits]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2014, no. 1, pp. 47–55. (In Russ.)
2. Morin A. S., Borisov F. I., Korzukhin I. V. [Optimal parameters of air ducts for open pit ventilation in the mode of chimney effect]. *Gornaia promyshlennost' – Mining Industry Journal*, 2014, no. 1, pp. 114–118. (In Russ.)
3. Filatov S. S. *Ventiliatsiia kar'erov* [Open pit ventilation]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 206 p.
4. Konorev M. M. *Iskusstvennaia ventiliatsiia i pylegazopodavlenie v atmosfere kar'erov: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Artificial ventilation and dust-and-gas suppression in the atmosphere of an open pit. Dr. eng. sci. diss.]. Ekaterinburg, 1999. 363 p.
5. Eremeev V. I., Zabelin V. V., Lutsishin S. V. [NPO “Yakutalmaz” deep open pits aerology issues]. *Problemy razrabotki glubokikh kar'erov: sb. trudov Mezhdunar. simpoziuma “Mirnyi-91”* [Proc. Int. Symp. Mirny-91 “The problems of developing deep open pits”]. Udachny, Master Publ., 1991, pp. 515–519. (In Russ.)
6. Priadko Iu. G., Karavaev V. G. *Teoreticheskaia mekhanika. Geometriia mass* [Theoretical mechanics. Mass geometry]. Chelyabinsk, SUSU Publ., 2006. 105 p.

7. Morin A. S., Butkin V. D., Novoselov R. G. [Energy saving schemes and the means of artificial ventilation of deep open pits]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2003, no. 6, pp. 21–27. (In Russ.)
  8. Morin A. S. *Tekhnologiya provetrivaniia glubokikh i sverkhglubokikh kar'erov* [The technology of ventilation for deep and superdeep open pits]. Moscow, MAKS Press Publ., 2006. 160 p.
  9. Lukanin V. N., Shatrov M. G., Kamfer G. M., and others. *Teplotekhnika* [Thermal engineering]. Moscow, Vyssh. shkola Publ., 2000. 671 p.
  10. Mikheev M. A., Mikheeva I. M. *Osnovy teploperedachi* [The fundamentals of heat transfer]. Moscow, Energiia Publ., 1977. 344 p.
  11. Vil'ner Ia. M., Kovalev Ia. T., Nekrasov B. B. *Spravochnoe posobie po gidravlike, gidromashinam i gidroprivodam* [Reference book for hydraulics, hydraulic mechanisms, and hydraulic drives]. Minsk, Vysheishaia shkola Publ., 1976. 416 p.
  12. Abramov A. P. *Kharakteristiki osevykh ventilatorov serii "Aerovent VO-AR"* [Characteristics of axial ventilators of "Aerovent VO-AR" series]. Kemerovo, KuzPI Publ., 2013. 54 p.
-

УДК 72.025

## НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

КОЛЧИНА М. Е.

*Статья посвящена вопросам необходимости проведения технической оценки объектов капитального строительства, в том числе зданий и сооружений горнопромышленного комплекса. Уточнены основные понятия и определения, показано значение технической оценки и инвентаризации объектов капитального строительства до 2013 г. Автор дает обоснование необходимости проведения в настоящее время технической оценки строений как основы принятия управленческих решений по поводу их восстановления (капитального ремонта), развития (реконструкции) или сноса, как основы определения их рыночной, кадастровой, инвестиционной и ликвидационной стоимостей. В статье показаны назначение инженерного обследования зданий, основные этапы и технологии оценочных работ, в том числе визуальное и инструментальное обследование. Указано, что стандартные технологии технической оценки наземных строений не подходят для оценки таких сооружений, как подземные горные выработки.*

*Ключевые слова: объект капитального строительства; здания; сооружения; учет недвижимости; физический износ; техническая оценка; рыночная стоимость; кадастровая стоимость; капитальный ремонт; реконструкция; подземные горные выработки.*

Цель статьи – показать необходимость проведения технической оценки объектов капитального строительства, результаты которой оказывают существенное влияние на принятие управленческих решений в отношении восстановления зданий и сооружений, их развития (реконструкции) или сноса, а также выступают важным фактором при определении рыночной, кадастровой, инвестиционной и ликвидационной стоимости объектов недвижимости.

В первую очередь обратимся к понятию *объект капитального строительства* (далее – ОКС) в свете современного законодательства. Градостроительный кодекс РФ 2004 г. определяет *строительство* как создание зданий, строений, сооружений (в том числе на месте сносимых ОКС). При этом в системе строительства выделяется *капитальное строительство* – строительство объектов с применением прочных строительных материалов и конструкций, обеспечивающих капитальность (надежность и долговечность) ОКС и требующих больших капитальных вложений. Результатом капитального строительства, согласно градостроительному законодательству РФ, являются *объекты капитального строительства*: здания, сооружения и объекты незавершенного строительства, за исключением временных построек, киосков, навесов и др. [1].

Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» дает следующее определение зданиям и сооружениям. *Здание* – результат строительства, представляющий собой объемную строительную систему,

имеющую надземную и(или) подземную части, включающую в себя помещения, сети и системы инженерно-технического обеспечения и предназначенную для проживания и(или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных. *Сооружение* – результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и(или) подземную части, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов [2]. Линейные объекты – это особый вид сооружений, к которым относятся линии электропередачи, линии связи, трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и другие сооружения [1].

Обособленной группой выступают сооружения горнодобывающего комплекса, осуществляющего разработку месторождений полезных ископаемых как открытым, так и подземным способом. Среди них необходимо выделить группу линейных подземных сооружений – подземных горных выработок.

Совсем недавно техническая инвентаризация и техническая оценка зданий представляли собой важнейшие мероприятия в сфере управления недвижимостью в России. Такие организации, как «Ростехинвентаризация» и Бюро технической инвентаризации (БТИ), осуществляли не только инвентаризацию зданий, сооружений и помещений, оценку их технического состояния, но и вели государственный технический учет объектов недвижимости (объектов капитального строительства) – ГТУ ОКС. Именно эти организации стояли у истоков создания одного из трех информационных ресурсов – Единого государственного реестра объектов капитального строительства (ЕГРОКС).

Сегодня ситуация существенно поменялась – учет недвижимости, в том числе ОКС, осуществляется органами кадастрового учета, а сведения о них заносятся в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН). Несмотря на то, что в разделе ЕГРН об объектах недвижимости не предусматривается внесение сведений о техническом состоянии ОКС [3], техническая оценка зданий и сооружений не потеряла свою актуальность.

Суть вопроса состоит в следующем: одним из свойств недвижимых вещей (недвижимости), к которым гражданским законодательством отнесены здания и сооружения, является их *материальность*. Со временем, в процессе эксплуатации и воздействия внешних и(или) внутренних факторов первоначальные физические и эксплуатационные свойства ОКС утрачиваются. Уровень потери первоначальных качественных характеристик объекта определяет *физический износ* элементов строительной системы, сетей и системы инженерно-технического обеспечения, а также *моральное (функциональное) устаревание* зданий, в том числе планировок квартир, сетей и элементов системы инженерно-технического обеспечения.

Физический износ ОКС определяется оценщиками (органами БТИ). В частности, при визуальном осмотре выявляются дефекты и уровень износа отдельных конструктивных элементов зданий (сооружений), отделочных материалов, инженерных сетей и оборудования. Данный вид обследования осуществляется в соответствии с Правилами оценки физического износа жилых зданий ВСН 53-86(р).

Физический износ и функциональное устаревание ОКС приводят к уменьшению рыночной и кадастровой стоимости недвижимости. Под *рыночной стоимостью* понимается наиболее вероятная цена, по которой объект может быть отчужден на открытом рынке в условиях конкуренции, когда стороны сделки

действуют разумно, располагая всей необходимой информацией об объекте оценки. Под *кадастровой стоимостью* понимается стоимость, установленная в результате проведения государственной кадастровой оценки или рассмотрения споров о результатах определения кадастровой стоимости [4].

Таким образом, физический износ здания, сооружения, помещения является важнейшим фактором, влияющим на результаты оценки рыночной и кадастровой стоимости объектов оценки, произведенной с применением затратного или сравнительного подходов. Кроме того, результаты технической оценки зданий (сооружений) оказывают влияние и на принятие управленческих решений в части *восстановления, развития (реконструкции)* или *сноса ОКС*. В этом случае оценка состояния объекта производится уже не в результате визуального осмотра, а при инженерном обследовании ОКС.

Инженерное обследование зданий и сооружений представляет собой процедуру проверки конструкций на предмет действительного технического состояния и сохранения эксплуатационных свойств. Оценка проводится с целью контроля за состоянием и выявления необходимости проведения ремонта или восстановительных работ [5].

Как правило, проведение инженерного обследования выполняется:

- по истечении нормативных сроков эксплуатации зданий и сооружений;
- при обнаружении значительных дефектов, повреждений и деформаций в процессе технического обслуживания, осуществляемого собственником здания (сооружения);
- по результатам последствий пожаров, стихийных бедствий, аварий, связанных с разрушением здания (сооружения);
- по инициативе собственника объекта;
- при изменении технологического назначения здания (сооружения);
- по предписанию органов, уполномоченных на ведение государственного строительного надзора.

*Восстановление ОКС*, т. е. восстановление первичных характеристик объекта, связано с понятием *капитальный ремонт*. Капитальный ремонт ОКС (за исключением линейных объектов) предполагает следующие виды работ:

- замена и(или) восстановление строительных конструкций или элементов таких конструкций (за исключением несущих);
- замена и(или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов капитального строительства или их элементов;
- замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные, улучшающие показатели таких конструкций, элементы и(или) восстановление указанных элементов [1].

*Развитие ОКС*, в том числе увеличение в размерах, связано с понятием *реконструкция*.

*Реконструкция ОКС* (за исключением линейных объектов) – изменение параметров объекта капитального строительства, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение ОКС [1].

Капитальный ремонт или реконструкция ОКС требуют определенных затрат, соответствующих смете. В связи с этим следует обратиться к понятию *инвестиционная стоимость* объекта.

Под *инвестиционной стоимостью* понимается стоимость объекта оценки для конкретного лица или группы лиц при установленных данным лицом (лицами) инвестиционных целях использования объекта оценки [4].

Результаты технической оценки также являются основанием для принятия решения о ликвидации ОКС.

*Техническая оценка зданий (сооружений)* подразумевает обязательную проверку выполнения следующих требований:

– прочность конструктивных элементов должна соответствовать требованиям проекта;

– значения характеристик материалов конструкций, размеры конструктивных элементов в процессе эксплуатации не должны выходить за установленные нормативными документами пределы;

– при выполнении технологических операций на эксплуатируемом объекте должны исключаться превышения установленных эксплуатационных нагрузок [6].

Техническая оценка зданий и сооружений выполняется в три этапа:

1. Определяется объем контроля, проводится выбор номенклатуры контролируемых свойств, устанавливаются качественные и количественные характеристики состояния объекта, составляется алгоритм контроля.

2. Выполняются натурные работы в целях получения информации о состоянии здания и оценка объекта по качественным характеристикам его состояния, осуществляется анализ первичных результатов, проводятся операции измерительно-го контроля.

3. Обрабатываются и анализируются результаты второго этапа работ:

– идентифицируются дефекты элементов и составляется ведомость дефектов;

– определяется износ сооружения в целом;

– составляется заключение [5, 7].

Общие выводы о состоянии строения делаются по результатам нескольких методов обследования конструкций здания: расчетный, визуальный осмотр, детальное (инженерное) обследование.

Детальное обследование зданий и сооружений включает следующие этапы:

1. Подготовка к проведению обследования – изучается техническая документация, уточняются цели обследования, составляется техническое задание.

2. Предварительное (визуальное) обследование – проводится, чтобы оценить внешний вид строений, их частей, инженерных коммуникаций и визуально обнаружить дефекты; в результате уточняется необходимость инструментального обследования здания, разрабатывается план работ, выбираются методы исследования.

3. Детальное (инструментальное) обследование – детальный анализ состояния объекта – осуществляется с применением приборов и специального оборудования.

Для проведения инженерного обследования жилых зданий используется Положение по техническому обследованию жилых зданий ВСН 57-88(р).

С помощью измерительного контроля выявляются отклонения, которые оказывают влияние на прочность и несущую способность элементов конструкций [7].

Таким образом, экономическая составляющая технической оценки ОКС заключается в том, что ее результаты влияют на кадастровую и рыночную стоимости зданий и сооружений, в частности, они могут уменьшить или увеличить данные виды стоимостей. Результаты технической оценки определяют также объем работ по восстановлению или реконструкции ОКС, объем капитальных вложений (инвестиций) на реализацию таких проектов.

Необходимо отметить, что технологии технической оценки объектов, применимые к наземным зданиям и сооружениям, неприемлемы для подземных горных выработок (ПГВ). Особенностью горнодобывающего производства является строительство технологических сооружений только на период разработки месторождения. После завершения горных работ ПГВ подлежат ликвидации. Кроме

того, требуется осуществление мероприятий, исключающих доступ в ПГВ населения [8–10]. Проведение ликвидации не зависит от технического состояния сооружений, если они отнесены к категории опасных. Исключением являются неопасные для землепользования и застройки капитальные ПГВ, которые планируется в дальнейшем использовать для размещения объектов народного хозяйства. Оценка состояния и возможность использования ПГВ осуществляется в соответствии с Инструкцией по инженерным изысканиям в горных выработках, предназначенных для размещения объектов народного хозяйства ВСН 484-76.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: от 29 декабря 2004 № 190-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 01 января 2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]: Федер. закон от 30 декабря 2009 № 384-ФЗ (последняя редакция). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс]: Федер. закон от 13 июля 2015 № 218-ФЗ (вступ. в силу 01 января 2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Об оценочной деятельности в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон от 29 июля 1998 № 135-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Положения об организации государственной технической инвентаризации и учета объектов градостроительства [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 04 декабря 2000 № 921 (п. 12). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
6. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: от 07 мая 1998 № 73-ФЗ (в ред. от 10.01.2003). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Мирзоян Н. В. Оценка стоимости недвижимости. М.: Московская финансово-промышленная академия, 2005. 199 с.
8. Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами: утв. Постановлением Ростехнадзора России от 02 июня 1999 № 33 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 1999. № 29. 21 с.
9. Отраслевая инструкция о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче угля (сланца): утв. Минтопэнерго РФ 27 мая 1997. URL: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/45/45084/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/45/45084/index.htm)
10. Коновалов В. Е., Колчина М. Е. Принципы правового зонирования земель поселений на территориях, подверженных вредному влиянию горных работ // Изв. вузов. Горный журнал. 2006. № 4. С. 47–51.

Поступила в редакцию 3 мая 2017 года

#### ASSIGNMENT OF ENGINEERING ASSESSMENT OF CAPITAL CONSTRUCTION OBJECTS

**Kolchina M. E.** – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: [m.e.kolchina@mail.ru](mailto:m.e.kolchina@mail.ru)

The article is dedicated to the necessity of engineering assessment of capital construction objects, including buildings and structures of mining complex. The main definitions and concepts are specified; the significance of engineering assessment and capital construction objects older than 2013 inventory is revealed. The author gives detailed substantiation of the necessity of engineering assessment of buildings at the present day as well, as a basis for management decisions regarding their restoration (major repairs), development (reconstruction) or demolition, as a basis for the determination of their market, cadastral, investment, and liquidation value. The article reveals the purpose of engineering examination of buildings, the main stages and technologies of assessments, including visual and instrumental inspection. It is indicated that standard technologies of engineering assessment of surface constructions are not suitable for the assessment of such structures as underground mine workings.

**Key words:** capital construction objects; buildings; structures; immovable property registration; physical wear; engineering assessment; market value; cadastral value; major repairs; reconstruction; underground mine workings.

#### REFERENCES

1. Town planning Code of the Russian Federation [electronic source]: of December 29, 2004, no. 190-FZ (as amended and supplemented, come into force from January 1, 2017). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
2. Technical regulations on safety of buildings and structures [Electronic source]: Federal Law of December 30, 2009, no. 384-FZ (last edition). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
3. On the state registration of immovable property [electronic source]: Federal Law of June 13, 2015, no. 218-FZ (come into force from January 1, 2017). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)

4. On valuation activities in the Russian Federation [electronic source]: Federal Law of June 29, 1998, no. 135-FZ. Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
  5. Regulations on the organization of state technical inventory and accounting of town planning objects [electronic source]: RF Government Decree on December 4, 2000, no. 921 (point 12). Access from the legal reference system Garant. (In Russ.)
  6. Town planning Code of the Russian Federation [electronic source]: of May 7, 1998, no. 73-FZ (as amended on January 10, 2013). Access from the legal reference system Consultant Plus. (In Russ.)
  7. Mirzoian N. V. *Otsenka stoimosti nedvizhimosti* [Immovable property value estimation]. Moscow, Moskovskaia finansovo-promyshlennaia akademiia Publ., 2005. 199 p.
  8. Instruction on the working order on the liquidation and conservation of hazardous manufacturing sites connected with the subsoil use: approved by the Regulation of Gostekhnadzor of Russia of June 2, 1999, no. 33. *The Bulletin of normative acts of federal executive bodies*, 1999, no. 29. 21 p. (In Russ.)
  9. Field instruction on the order of liquidation and conservation of coal (schist) producing enterprises: approved by the Ministry of energy of the Russian Federation on May 27, 1997. Available at: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/45/45084/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/45/45084/index.htm) (In Russ.)
  10. Konovalov V. E., Kolchina M. E. [The principles of the right zoning of settlement lands at the territories, apt to the harmful influence of mining]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2006, no. 4, pp. 47–51. (In Russ.)
-



УДК 528.4, 528.7

## МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

АКУЛОВА Е. А., ТИТОВ М. О.

*Совершенствование российского законодательства в сфере геодезических отношений влечет за собой появление новых понятий, таких как пространственный объект и пространственные данные. Пространственные метаданные могут быть использованы широким кругом специалистов разных отраслей производства, позволяют решать множество задач, связанных с проектированием, строительством, эксплуатацией, учетом пространственных объектов, расположенных на земной поверхности. Наряду с традиционными методами определения пространственных характеристик объектов, в современных условиях внедряются новые методики получения топографо-геодезической информации и их математической обработки с целью получения цифровых моделей местности и их широкого использования. Основное внимание в статье уделяется возможности применения беспилотных летательных аппаратов в практике землеустроительных, кадастровых и горных работ.*

*Ключевые слова: пространственные данные; координаты; высоты; топографическая съемка; аэрофотосъемка; беспилотные летательные аппараты.*

В соответствии с Федеральным законом, пространственные данные – это данные о пространственных объектах, включающие сведения об их форме, местоположении и свойствах, в том числе представленные с использованием координат. Под пространственными объектами понимаются природные объекты, искусственные и иные объекты, в том числе здания, сооружения, местоположение которых может быть определено (О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ (последняя редакция). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»).

Необходимость оперативного и точного определения пространственной информации вызвана возросшим объемом задач по определению характеристик пространственных объектов, позволяющих идентифицировать, обеспечивать систему учета и быстрого поиска для осуществления мероприятий по эффективному использованию и управлению пространственными объектами. В дальнейшем речь пойдет о пространственных объектах, имеющих тесную связь с землей или расположенных на земельных участках.

К основным характеристикам таких объектов можно отнести координаты в системе координат, принятой для решения той или иной задачи. В частности, для обеспечения государственного кадастрового учета объектов недвижимости, к числу которых можно отнести пространственные объекты, необходимо опреде-

---

Акулова Елена Алексеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: geodezia\_a@mail.ru

Титов Михаил Олегович – инженер-геодезист. 620078, г. Екатеринбург, ул. Коминтерна, 16, ООО «НАФТА Инжиниринг». E-mail: mihail07871@mail.ru

лять координаты характерных точек границ в государственной или местной (региональной) системе координат. В случае решения задач, связанных с маркшейдерским обеспечением горных предприятий, основной функцией которых является добыча и переработка полезных ископаемых, можно воспользоваться локальными системами координат, определенными на горизонтальной плоскости с условным плановым и высотным началом.

Пространственное положение точек границы объекта, расположенного на топографической земной поверхности, определяют три координаты, две из них плановые и одна высотная. Плановые координаты определяют положение точек на поверхности относимости, принятой для решения конкретных задач. К таким поверхностям относятся общие земные эллипсоиды (например, WGS-84), референциальные эллипсоиды (эллипсоид Красовского), плоскости (плоскость в картографической проекции, горизонтальная плоскость) и т. д. Пространственные метаданные могут быть представлены сферическими координатами ( $B, L$  – геодезическая широта и долгота) на сферических поверхностях эллипсоидов или плоскими прямоугольными координатами  $X, Y$  на плоскости.

Высотное положение точек определяется длиной отрезка перпендикуляра к поверхности, принятой за исходную для решения конкретной задачи. Длина отрезка является высотой, которая может носить как абсолютный, так и условный характер. Абсолютные нормальные высоты в России принято определять относительно начальной урвенной поверхности, связанной с уровнем Балтийского моря.

К числу других пространственных характеристик объектов можно отнести площадь в определенных на поверхности относимости границах и объем, связанный с поверхностью, определяющей геометрические особенности объекта.

В качестве методов определения пространственных данных на современном этапе используют классические геодезические методы, связанные с измерениями углов, длин линий и превышений, спутниковые определения, использующие глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), фотограмметрические и др.

Каждый из перечисленных методов имеет свои «плюсы» и «минусы», однако следует отметить, что возможность их применения должна определяться оперативностью сбора информации и возможностью использования автоматизированных методов математической обработки, позволяющих выполнить вычисления пространственных метаданных с оценкой их точности и представить результаты в цифровом виде, удобном для их дальнейшего эффективного использования.

В настоящее время, как правило, применяется комбинация основных методов получения пространственного положения точек, что позволяет максимально использовать все положительные стороны того или иного метода. Особенностью современного этапа является тот факт, что наряду с традиционными методами применяются новые, эффективность которых проявляется в возможности получения и качественной обработки большого объема информации.

Современным методом получения пространственных данных является наземное лазерное сканирование. К преимуществам данного метода можно отнести возможность выполнения большого объема измерений. Дальность измеренных расстояний (до 1000 м с точностью 5 мм), быстрота сбора данных (примерно 10 000 точек в секунду) дает возможность оперативно выполнить полевые измерения, значительно сократив время на сбор информации. Применение автоматизированных систем обработки информации позволяет выполнить построение точных трехмерных моделей местности. Данный метод используется в комплексе с геодезическим или спутниковым методом определения координат, его недостатком является высокая стоимость.

Несмотря на это, метод наземного лазерного сканирования широко применяется в практике топографо-геодезических определений с целью эксплуатации, реконструкции и строительства инженерных сооружений. Геодезические работы с применением систем наземного лазерного сканирования могут проводиться, например, в горной промышленности, в частности при выполнении маркшейдерских работ. С помощью таких систем производят натурные измерения, направленные на изучение геометрии месторождения, формы и размеров тел полезного ископаемого в недрах земли, пространственного расположения выработок, процессов деформации пород и земной поверхности в результате проведения горных работ. Все измерения в настоящее время выполняются с использованием электронных тахеометров и теодолитов, что предполагает присутствие человека на промышленной площадке.

К задачам определения пространственного положения объектов земной поверхности можно отнести создание качественной картографической основы, позволяющей выполнять работы по учету, проектированию и управлению пространственными объектами. Картографические произведения, такие как карты и планы, должны создаваться на математической основе и содержать элементы картографического изображения. Для создания карт и планов крупного масштаба применяются топографические съемки, которые можно разделить на наземные, воздушные и космические. Наземные съемки, как правило, применяются на небольших участках земной поверхности и выполняются геодезическими и спутниковыми методами с применением электронных тахеометров и спутниковых геодезических приемников.

Для значительных участков земной поверхности или для участков, где наземные виды съемок применять нерационально, используется аэрофотосъемка (АФС) и воздушное лазерное сканирование. Воздушное лазерное сканирование – это совмещение аэрофотосъемки с наземным лазерным сканированием, результатом съемки является ортофотоплан (ОФП) и цифровая модель местности (ЦММ). С экономической точки зрения этот способ невыгоден, так как требует больших затрат на проведение работ и покупку дорогостоящего оборудования. Преимуществами аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования являются оперативность получения информации, высокая точность данных, короткие сроки выполнения работ.

АФС выполняется с самолетов, которые не всегда целесообразно использовать. Альтернативой классической АФС выступает АФС с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые получили широкое распространение в военной и гражданской сферах.

БПЛА – это комплекс, состоящий из беспилотной авиационной модели, цифровой малоформатной камеры, навигационной системы, комплекта телевизионно-телеметрического оборудования. БПЛА различаются по типу двигателей (электрические и бензиновые) и по форме крыла (самолетного и вертолетного типов). БПЛА на бензиновых двигателях способны выполнять длительные полеты, но у них есть ряд недостатков: сложность доставки аппарата на место проведения работ; значительное время запуска; высокие требования к квалификации оператора; опасность взрыва при нестандартных ситуациях; сложность ремонта. Поэтому на объектах малой и средней протяженности рационально использовать БПЛА на электрических двигателях, так как они проще в эксплуатации и не имеют перечисленных недостатков. В зависимости от типа крыла у БПЛА есть свои преимущества и недостатки. БПЛА вертолетного типа проще в эксплуатации, они совершают взлет и посадку вертикально, *с руки*, что очень удобно в условиях ограниченного пространства – на карьерах и горных выработках. БПЛА самолет-

ного типа требуют специальной взлетно-посадочной площадки значительных размеров, но при этом могут за один полет покрывать большую площадь.

Опыт работы ООО «НАФТА Инжиниринг», использующего квадрокоптер DJI Phantom 3 и БПЛА Geoscan 201, показал, что для съемки участков площадью до 50 га целесообразно выбирать БПЛА вертолетного типа, от 50 га до 800 га – самолетного.

«НАФТА Инжиниринг» применяет БПЛА для создания топографической основы проектов планировки и межевания территории различных объектов. Данная технология реализована на объектах Дачного некоммерческого партнерства «Майский», урочища Шумиха городского округа Ревда, при размещении газопровода от п. Садовый до п. Ягодный и др.

Применение БПЛА для создания топографической основы существенно снижает объем полевых работ и упрощает процесс создания топографического плана. Получаемый в результате беспилотной аэрофотосъемки ортофотоплан дает возможность визуального контроля полноты нанесения объектов.

Рассмотрим результат выполнения работ с применением БПЛА на территории ДНП «Майский», расположенного в юго-западной части муниципального образования г. Екатеринбург. Площадь территории в границах подготовки проекта планировки составляет 34,4 га. Цель работ – создание топографической основы под проект планировки территории, содержащий в своем составе проект межевания территории ДНП «Майский».



Рис. 1. Фрагмент топографического плана

Топографическая съемка территории ДНП «Майский» выполнялась разными методами: измерения с помощью геодезической аппаратуры (электронный тахеометр Nikon Nivo 2M и двухчастотные спутниковые приемники GNSS Javad Triumph-1) и аэрофотосъемки с применением беспилотного летательного аппарата Phantom 3.

Для выполнения работ на объекте создана съемочная планово-высотная геодезическая сеть. Съемочное геодезическое обоснование выполнено спутниковым методом с помощью приемников GNSS Javad Triumph-1. Точность создания сети не превышает 0,07 м в плане и 0,12 м по высоте.

Исходными пунктами для создания съемочного обоснования выбраны шесть пунктов триангуляции государственной геодезической сети 3-го класса, расположенных в окрестностях г. Екатеринбурга, в районе, примыкающем к территории

съемочных работ. Координаты в системе координат МСК-66, используемой в практике землеустроительных и кадастровых работ, представлены Управлением Росреестра РФ по Свердловской области. Спутниковые геодезические измерения на пунктах выполнялись в режиме статики. Особое внимание при выполнении наблюдений уделялось выбору наиболее благоприятных интервалов времени, когда обеспечивалась одновременная видимость не менее 7 спутников при значении фактора PDOP, не превышающем 2.

Съемочная планово-высотная геодезическая сеть развита спутниковыми методами и состоит из 8 пунктов. Топографическая съемка участка выполнялась с использованием электронного тахеометра Nikon Nivo 2M, а также с помощью двухчастотных спутниковых приемников GNSS Javad Triumph-1 в масштабе 1 : 500, с высотой сечения рельефа через 0,5 м. Съемка электронным тахеометром проводилась с точек съемочной сети полярным методом. Съемка GNSS-приемниками проводилась с точек съемочной сети в режиме кинематики в реальном времени от базовой станции, расположенной в районе работ. После выполнения топографической съемки создается инженерно-топографический план масштаба 1 : 500 (рис. 1).

С появлением БПЛА стало возможным выполнять топографическую съемку в кратчайшие сроки, без потери качества.



Рис. 2. Фрагмент создания полетного задания в ПО MissionPlanner

Для успешного выполнения летного этапа аналогично классической аэрофотосъемке выполняется планово-высотная подготовка аэрофотосъемки. На местности закрепляются опознаки, определяются их координаты геодезическим или спутниковым методом с целью последующего трансформирования результатов, полученных на летном этапе съемки.

БПЛА выполняет маршрутную аэрофотосъемку в автоматическом режиме, по заранее созданному полетному заданию. Полетное задание подготавливается камерально, с помощью программы MissionPlanner. Подготовка полетного задания производится в следующей последовательности: выбирается базовая станция, с которой будут происходить полет и посадка БПЛА, создается полигон по границе работ, выбираются настройки полета (высота, скорость и перекрытия), создается маршрут полета (автоматически, по ранее выбранным параметрам). В результате полета получается видео в 4К-качестве (разрешение 4000 × 2000 пикселей), которое нарезается на фотоснимки с перекрытиями: продольное – не менее 60 %, поперечное – не менее 60 %.

поперечное – не менее 20 %. На рис. 2 представлен фрагмент составления полетного задания в программе MissionPlanner.

Обработка снимков выполняется в ПО Agisoft Photoscan в следующей последовательности: создание нового проекта и добавление фотоснимков, ввод параметров камеры беспилотного летательного аппарата (размер пикселя  $0,00156 \times 0,00156$  мм), создание накидного монтажа в автоматическом режиме по одинаковым точкам на снимках, загрузка координат опознаков и сопоставление опознаков с их координатами (создание геодезической привязки), создание цифровой модели местности и цифровой модели рельефа путем дешифрирования (классифицирования) точек земли. Заключительным этапом камерального этапа является создание ортофотоплана.



Рис. 3. Схема расположения характерных точек для сравнения методов

Для анализа точности ортофотоплана, созданного по аэрофотоматериалам, полученным с БПЛА, выполнено сравнение координат характерных точек местности (рис. 3), полученных с ОФП и ЦМР (цифровой модели рельефа) и с топографического плана (полученного по результатам наземной топографической съемки).

Анализ сравнения координат характерных точек показал, что максимальная разница координат в плане, полученных разными способами, составляет 0,22 м. Минимальная разница координат в плане – 0,01 м. Максимальная разница высот составляет 0,12 м, минимальная – 0,01 м. Данные расхождения соответствуют требованиям к точности Инструкции по топографической съемке (ГКИНП-02-033-082. Инструкция по топографической съемке в масштабе  $1 : 5000$ ,  $1 : 2000$ ,  $1 : 1000$  и  $1 : 500$  [Электронный ресурс]: Утв. ГУГК 5 октября 1979 г. Вводится в действие с 1 января 1983 г. с поправками, утвержденными ГУГК 9 сентября 1982 г. (приказ № 436 п.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант»). В соответствии с инструкцией, точность определения положения точек не должна превышать 0,7 мм в масштабе плана для нечетких контуров, 0,5 мм – в масштабе плана для четких контуров и 0,4 мм – в масштабе плана для контуров зданий и т. д. Для съемки масштаба  $1 : 500$  соответственно получим предельные значения – 0,35 м, 0,25 м и 0,2 м. Погрешность определения координат в плане в данном случае не превосходит допустимого значения. Точность определения положения точек по высоте, согласно инструкции, составляет 0,25 сечения рельефа (0,5 м). Полученные расхождения не превосходят допустимого значения.



Сравнение результатов аэрофотосъемки, выполненной с применением БПЛА, с материалами традиционного наземного метода съемки показал, что точность определения пространственного положения объектов местности согласуется с нормами инструкции, и результаты аэрофотосъемки могут быть использованы для ведения проектных, землеустроительных и кадастровых работ.

Другим направлением использования данных съемки с БПЛА является горное дело в сфере создания и изменения горной графической документации. Создание топографической основы земной поверхности при разработке месторождений и обновление имеющейся топографической основы в результате развития месторождения – обязательный этап маркшейдерских работ. Как правило, обновление документации требуется в отдельных местах, и с использованием БПЛА работы выполняются в кратчайшие сроки, что позволяет выдать по оптимальной цене не только ортофотоплан, но и трехмерную модель карьера. Ортофотоплан и построенная на его основе ЦММ представлены на рис. 4.

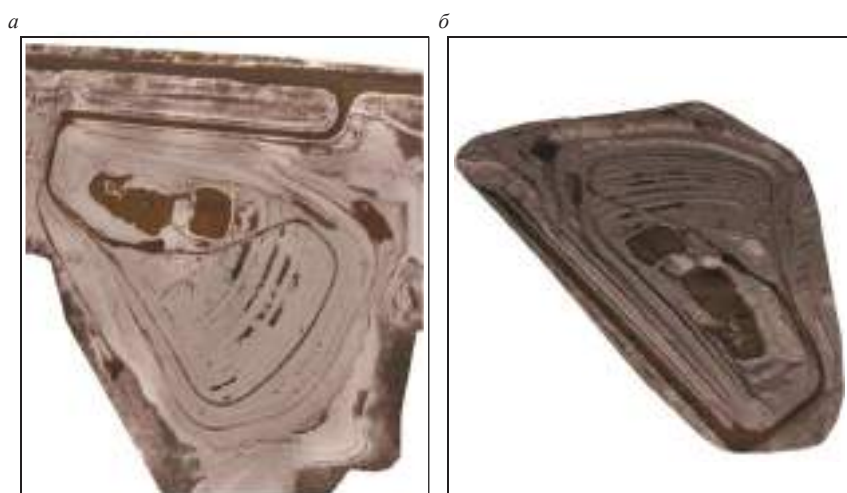


Рис. 4. Карьер Останкино, Пушкинский район Московской области:  
*а* – ортофотоплан и *б* – 3D-модель, полученные с применением беспилотного летательного аппарата Geoscan

Другой задачей, решаемой на основе данных, полученных с БПЛА, является мониторинг изменения объемов рудных складов. Стандартные методы маркшейдерских замеров предполагают перемещение специалистов по бортам и отвалам, нахождение оборудования в карьерах, что всегда сопряжено с опасностью травм и несчастных случаев. Также предполагается наличие доступа или прямой видимости для осуществления измерений, поэтому не представляется возможным учесть все формы (насыпи, выемки) складов. Срок выполнения замеров может доходить до нескольких дней, с остановкой оборудования и производства работ. Применение БПЛА лишено перечисленных недостатков. В результате автоматической обработки результатов съемки исключается «человеческий фактор», объемы считаются по всей фактической поверхности. Результат обработки – не только вычисленные объемы, но и подробная трехмерная модель в необходимом формате.

При выполнении замеров неоднократно выполнялся контроль точности полученных результатов с применением наземного лазерного сканирования. Объемы, вычисленные по результатам беспилотной аэрофотосъемки, отличались от контрольных замеров менее чем на 1 % (рис. 5).

Объем пространственного объекта, построенного по ЦММ с использованием наземного лазерного сканирования, составил 1553 м<sup>3</sup>. 3D-модель, полученная с применением беспилотного летательного аппарата Phantom, позволила получить значение объема данного объекта, равное 1544 м<sup>3</sup>.

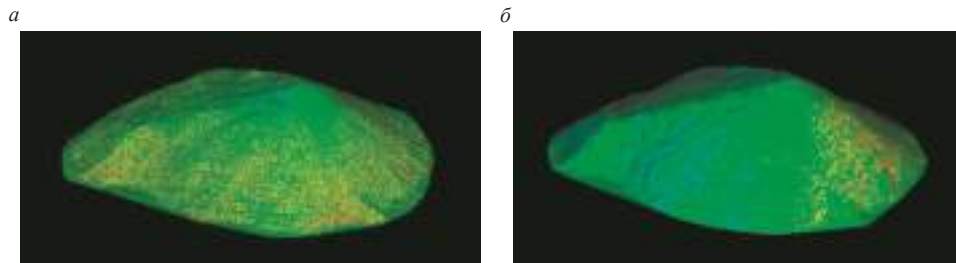


Рис. 5. 3D-модель, полученная с применением:  
а – технологии наземного лазерного сканирования; б – беспилотного летательного аппарата Phantom

Использование беспилотных летательных аппаратов имеет ряд преимуществ перед «классическим» маркшейдерским замером: высокая точность получаемых результатов; безопасность проведения работ; отсутствие необходимости остановки работ на период измерений и вычисления объемов; конкурентная стоимость за счет сокращения полевых работ и автоматизации обработки измерений; различные виды и форматы выходных данных – топографический план, ортофотоплан, ЦММ и ЦМР, 3D-модель в нужном формате.

В заключение следует заметить, что современные методы определения пространственных характеристик объектов, расположенных на земной поверхности, позволяют эффективно решать задачи различных отраслей производственной деятельности. Несмотря на то что инновационные методы получения и обработки топографо-геодезической информации дают возможность существенно усовершенствовать традиционные методы, а в некоторых случаях их заменить, остаются нерешенными задачи согласования методик, обоснования эффективных технологий ведения работ по определению пространственных характеристик. Необходимо также согласование новых методов с нормами действующих технических инструкций для обеспечения требуемой точности полученных результатов.

Поступила в редакцию 10 мая 2017 года

## THE METHODS OF ACQUIRING SPATIAL DATA IN MODERN CONDITIONS

**Akulova E. A.** – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: geodezia\_a@mail.ru  
**Titov M. O.** – NaftaEngineering Ltd, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: mihail07871@mail.ru

The development of Russian Legislation in the sphere of geodetic relations results in the appearance of new notions, such as spatial object and spatial data. Spatial metadata may be used by a wide range of professionals of different fields of industry, and make it possible to solve a number of problems connected with design, construction, exploitation, spatial objects accounting situated on the surface. Together with traditional methods of determining spatial characteristics of objects, modern conditions introduce new methods of acquiring topographic-geodetic information and their mathematical processing with the purpose of acquiring local numerical models and their wide use. The article focuses its attention on the possibility of using unmanned aerial vehicles in the practice of land use planning, cadastral works, and mining.

**Key words:** spatial data; coordinates; heights; topographic survey; aerial photography; unmanned aerial vehicles.



УДК 622.4:519.67

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПЫЛЕНИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА (НА БАЗЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)

АМОСОВ П. В., БАКЛАНОВ А. А., МАСЛОБОВ В. А.

*Представлены результаты оценки загрязнения атмосферы г. Апатиты, выполненные на базе численного моделирования для максимальной проектной высоты хвостохранилища АНОФ-2 при изменении скорости набегающего ветрового потока в диапазоне 5–23 м/с. Описаны основные моменты модернизации трехмерной аэродинамической модели в части использования логарифмического профиля скорости на входной границе модели и подбора демпфирующих коэффициентов для обеспечения устойчивости счета на всем диапазоне скоростей ветрового потока. Оценки интенсивности пыления базируются на ранее обоснованных подходах: схеме DEAD и зависимости Westphal et al. Анализ расчетных значений концентрации пыли скорректирован для реальных площадей пыления. Показано, что при скорости ветра до 8 м/с в г. Апатиты отсутствует опасность превышения предельно допустимой концентрации по пыли. При штормовых ветрах 20–23 м/с соблюдение санитарно-гигиенических норм можно обеспечить за счет сокращения на порядок существующих площадей пыления.*

*Ключевые слова:* хвостохранилище; пыление; компьютерные модели; скорость ветра; загрязнение атмосферы.

Последний отчет ООН «Global assessment of sand and dust storms» отметил пыление от техногенных песчаных поверхностей (хвостохранилища и пр.) как одну из важных проблем атмосферного загрязнения населенных пунктов [1].

Выполняемые изыскания по исследованию влияния скорости ветрового потока на загрязнение приземного слоя атмосферы г. Апатиты при фиксированной высоте пляжа хвостохранилища (на примере хвостохранилища АНОФ-2) направлены на решение фундаментальных экологических проблем оценки и прогноза загрязнения атмосферы в районе расположения хвостохранилищ горнорудных предприятий. Известно, что при определенных условиях (направление ветра, отсутствие осадков и др.) в районах размещения хвостохранилищ возможно загрязнение атмосферного воздуха мелкой взвешенной пылью вниз по потоку. Результаты предыдущих исследований авторов показали [2], что при фиксированной скорости ветра увеличение высоты пылящей поверхности вызывает рост концентрации мультидисперсной пыли вниз по потоку. Продолжением этих исследований является изучение влияния скорости ветра на уровень загрязнения атмосферы

---

**Амосов Павел Васильевич** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник. 184209, г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, 24, Горный институт КНЦ РАН. E-mail: vosoma@goi.kolasc.net.ru

**Бакланов Александр Анатольевич** – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник; сотрудник научного отдела Всемирной Метеорологической организации. 184209, г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, 14а, Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: aabaklanov@yahoo.com

**Маслобов Владимир Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, заместитель председателя. 184209 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, 14, Президиум КНЦ РАН. E-mail: masloboev@admksk.apatity.ru

ры пылью при фиксированной высоте хвостохранилища, например, максимальной проектной. Основной целью выполняемых исследований, осуществляемых методами численного моделирования в трехмерной постановке, является оценка влияния скорости ветра (от 5 до 23 м/с) в районе хвостохранилища (при фиксированной высоте пляжа) на уровень загрязнения приземного слоя атмосферы вниз по потоку.

На предварительном этапе исследований авторами создана двухмерная компьютерная модель для отработки методического подхода, используемого при описании интенсивности пыления для хвостохранилища произвольной высоты в зависимости от скорости ветра по эталонным данным метеостанции на высоте +10 м от основания модели [3, 4].

На настоящем этапе авторами выполнены исследования, связанные с разработкой и усовершенствованием компьютерных 3D-моделей аэрогазодинамических процессов с учетом вариации скорости воздушного потока. Результаты использованы при изучении проблемы турбулентного переноса мультидисперсной примеси и оценке уровня загрязнения атмосферы вниз по потоку.

Реализация модели и численные эксперименты на каждом этапе выполнены с использованием программного кода COMSOL.

*Элементы усовершенствования численной модели аэродинамики.* Для численного моделирования процессов переноса пыли в трехмерной постановке необходимым шагом является подготовка компьютерных моделей, позволяющих выполнить расчет аэродинамических параметров (поле скорости, коэффициенты турбулентной диффузии). За основу взята трехмерная компьютерная модель площадки района «хвостохранилище АНОФ-2 – г. Апатиты» при максимальной проектной высоте пылящей поверхности 200 м, которая была создана и использована авторами в рамках предыдущих исследований [2]. Выполнены модернизация и корректировка указанной аэродинамической модели с проверкой на тестовых расчетах. Модернизация модели обусловлена, во-первых, появлением возможности задавать сложные граничные условия (например, в форме функций пространственных переменных) и анализировать расчетные данные посредством встроенных в COMSOL функций без привлечения дополнительных программных продуктов (Grapher, Surfer, Excel и др.), что существенно уменьшило время на обработку результатов численных экспериментов. Во-вторых, определенную корректировку аэродинамическая модель претерпела в части выбора демпфирующих параметров в схемах аппроксимации конвективных слагаемых, что обеспечило устойчивость расчетов в широком диапазоне скоростей, задаваемых на входной границе модели.

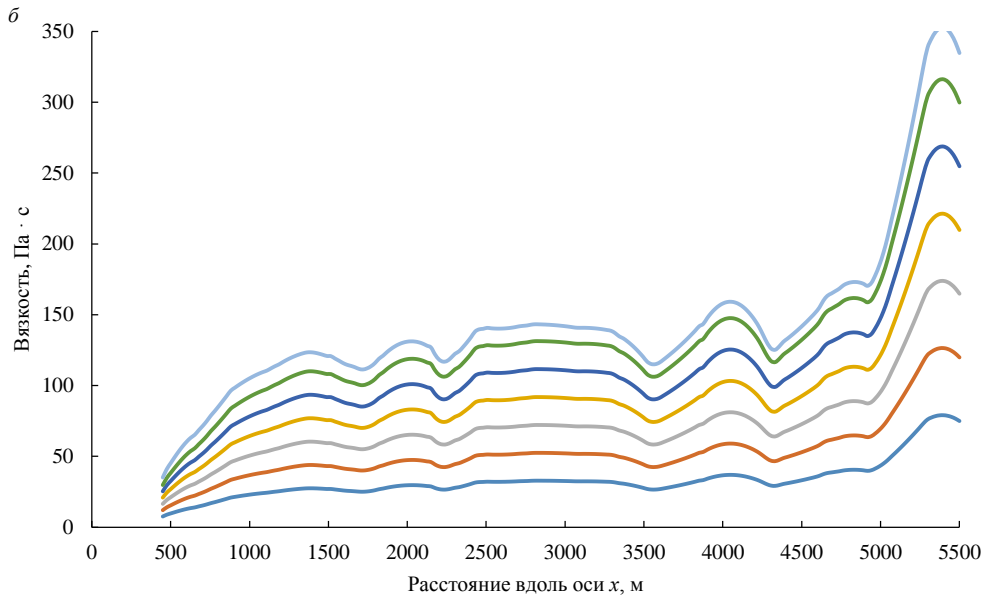
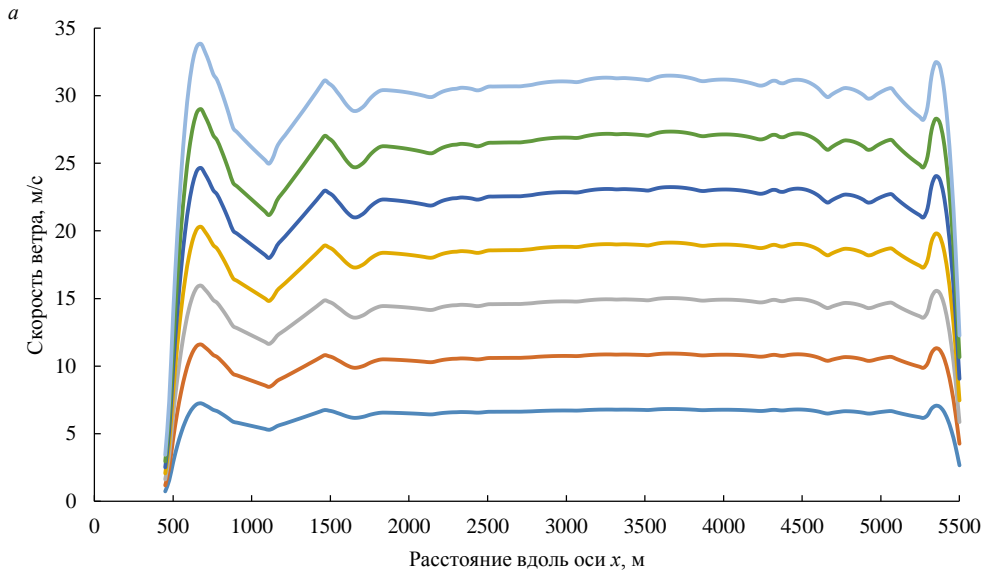
Основные моменты модернизации и корректировки аэродинамической модели:

- использование логарифмического профиля скорости на входной границе модели, учитывающего шероховатость подстилающей поверхности;
- подбор решателя (PARDISO out of core) и демпфирующих коэффициентов с целью снижения искусственной вязкости Crosswind diffusion (0,5–0,6) для уравнения сохранения импульса и Turbulence isotropic (0,99) для уравнений  $k$ - $\epsilon$ -модели, обеспечивающих устойчивость счета на всем диапазоне скоростей ветрового потока  $U_{10} = 5\text{--}23$  м/с на высоте +10 м от основания модели.

На базе модернизированных моделей выполнены расчеты аэродинамических параметров модели при  $U_{10} = 5\text{--}23$  м/с. Как и на предыдущих этапах исследований, результаты численных экспериментов подверглись качественному и количественному анализу [2–4]. Следует отметить физичность результатов аэродинамических параметров по всей области моделирования.

*Параметры моделирования.* В соответствии с ранее предложенным и апробированным (в двухмерной постановке) подходом [3, 4] выполнены:

– осреднение горизонтальной скорости (в центральном сечении модели);



$U_{10} = 5$  м/с     $U_{10} = 8$  м/с     $U_{10} = 11$  м/с     $U_{10} = 14$  м/с  
 $U_{10} = 17$  м/с     $U_{20} = 20$  м/с     $U_{23} = 23$  м/с

Рис. 1. Распределения горизонтальной скорости – *a* и коэффициентов динамической турбулентной вязкости – *б* на высоте 10 м над пылящей поверхностью

– переход к динамической скорости на высоте пыления, необходимой для оценки вертикального потока массы.

В качестве примера на рис. 1 представлены распределения горизонтальной скорости  $u_{10}$  (рис. 1, *a*) и коэффициентов динамической турбулентной вязкости  $D_{10}$  (рис. 1, *б*) на высоте +10 м над пылящей поверхностью (в центральном сечении модели).

Результаты осреднения горизонтальной скорости и перехода к динамической скорости приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты осреднения на высоте +10 м над поверхностью пыления и по объему модели аэродинамических параметров модели**

Скорость ветра $U_{10}$ , м/с	Осредненная скорость $u_{10}$ , м/с	Динамическая скорость $u^*$ , м/с	Осредненные коэффициенты диффузии $\Gamma$ , м <sup>2</sup> /с	
			на высоте +10 м	по объему
5	6,439	0,4983	35,7	75,5
8	10,305	0,7974	57,1	121,5
11	14,172	1,0967	78,5	166,0
14	18,040	1,3960	99,9	211,6
17	21,908	1,6953	121,3	257,2
20	25,776	1,9946	142,8	302,7
23	29,791	2,3053	156,7	336,4

Аналогичная процедура осреднения и переход (через число Прандтля-Шмидта и плотность воздуха) выполнены относительно коэффициентов динамической турбулентной вязкости на высоте +10 м над пылящей поверхностью (в центральном сечении модели) с целью оценки коэффициентов турбулентной диффузии.

Дополнительно с помощью встроенной опции интегрирования по областям моделирования пересчитаны осредненные по объему модели коэффициенты динамической турбулентной вязкости и коэффициенты турбулентной диффузии. Конечные результаты переходов как на высоте +10 м над пылящей поверхностью, так и по объему моделирования также представлены в табл. 1.

Выполнены обработка и анализ графической информации о гранулометрическом составе отвальных хвостов с поверхности устоявшегося пляжа хвостохранилища АНОФ-2, представленной в работе [5]. Получены количественные показатели по долям («вес» интервала) каждого моделируемого класса размера частиц пыли (табл. 2). Дополнительно в табл. 2 приведены значения пороговой скорости  $u_{*p}$  для пыли интервала крупности  $p$  до 70 мкм в диаметре с шагом 10 мкм [5] и скорости оседания  $w_g$  разнокалиберной пыли [2], что также необходимо для выполнения численных экспериментов по турбулентному переносу мультidisперсной примеси.

Таким образом, подготовлена вся необходимая информация для выполнения исследований по влиянию скорости ветра на процессы турбулентного переноса мультidisперсной примеси и оценки уровня загрязнения атмосферы вниз по потоку.

*Предварительные результаты оценок загрязнения атмосферы.* По отработанному ранее алгоритму для каждого диапазона пыли рассчитаны интенсивности пыления в соответствии с рассматриваемыми скоростями ветра для схемы DEAD [6] и зависимости Westphal et al. [7], а также их отношений. В соответствии с данными табл. 1 и 2, расчетные интенсивности пыления, выполненные для схемы DEAD, при референтной скорости ветра 5 м/с для самой мелкой пыли (срединный диаметр 5 мкм) оказались нулевыми. Этот факт имеет очевидное объяснение, поскольку величина пороговой скорости для пыли такой крупности выше значения динамической скорости.

Далее, как было предложено авторами ранее [4], только для значений интенсивности пыления Westphal et al. выполнены численные эксперименты по турбулентному переносу мультимодальной пыли для семи значений референтной скорости ветра  $U_{10}$  и двух значений осредненных коэффициентов диффузии (см. табл. 1).

При этом в качестве источника пыления задавалась вся площадь пляжа хвостохранилища, но при анализе результатов расчетов (в терминах концентрации пыли) вводился корректирующий коэффициент, учитывающий только пылящую площадь. В соответствии с разными данными специалистов компании ЗАО «Механобр Инжиниринг», по результатам натурных наблюдений в 2006–2008 гг. площадь пыления составляла 10,9 га или 8,2 га. Указанные значения площади пыления соответствуют отчету, посвященному реконструкции хвостохранилища до предельной высотной отметки 200 м [8]. В условиях, когда имеется большая неопределенность в задании конкретных участков пыления на поверхности пляжа, подход, использующий корректирующий коэффициент, достаточно объективен: целесообразно задавать процент пылящей поверхности от всей площади пляжа хвостохранилища.

Таблица 2

**Значения «веса» интервала, пороговой скорости и скорости оседания в зависимости от среднего диаметра частиц пыли**

Срединный диаметр (диапазон интервала), мкм	5 0–10	15 10–20	25 20–30	35 30–40	45 40–50	55 50–60	65 60–70
«Вес» интервала	0,022	0,083	0,142	0,194	0,209	0,189	0,161
Пороговая скорость $u_*^{ip}$ , м/с	0,951	0,420	0,295	0,243	0,218	0,206	0,201
Скорость оседания $w_g$ , м/с	0,00195	0,0175	0,0487	0,0955	0,1580	0,2360	0,3290

Анализ результатов расчетов показывает весьма слабое влияние выбора значения коэффициента турбулентной диффузии на величину концентрации пыли. В данном случае значения осредненных коэффициентов диффузии на высоте +10 м от пылящей поверхности и по объему области моделирования отличаются более чем в два раза, а изменение уровня концентрации пыли (в сторону снижения) составляет менее 1 %.

Проанализированы поинтервальные и суммарные значения концентрации пыли в точке модели, которая соответствует центру г. Апатиты на высоте +2 м от поверхности. На этом же этапе с учетом известных значений отношений интенсивности пыления для схемы DEAD и зависимости Westphal et al. получены соответствующие значения концентрации пыли для схемы DEAD. На рис. 2 представлены графики суммарной концентрации пыли в обсуждаемой точке для указанных подходов описания процесса пыления в зависимости от референтной скорости ветра  $U_{10}$  на высоте +10 м от основания модели.

Также на каждом графике приведена линия, отвечающая значению предельно допустимой концентрации пыли (ПДК) по пыли в соответствии с действующими гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». В част-

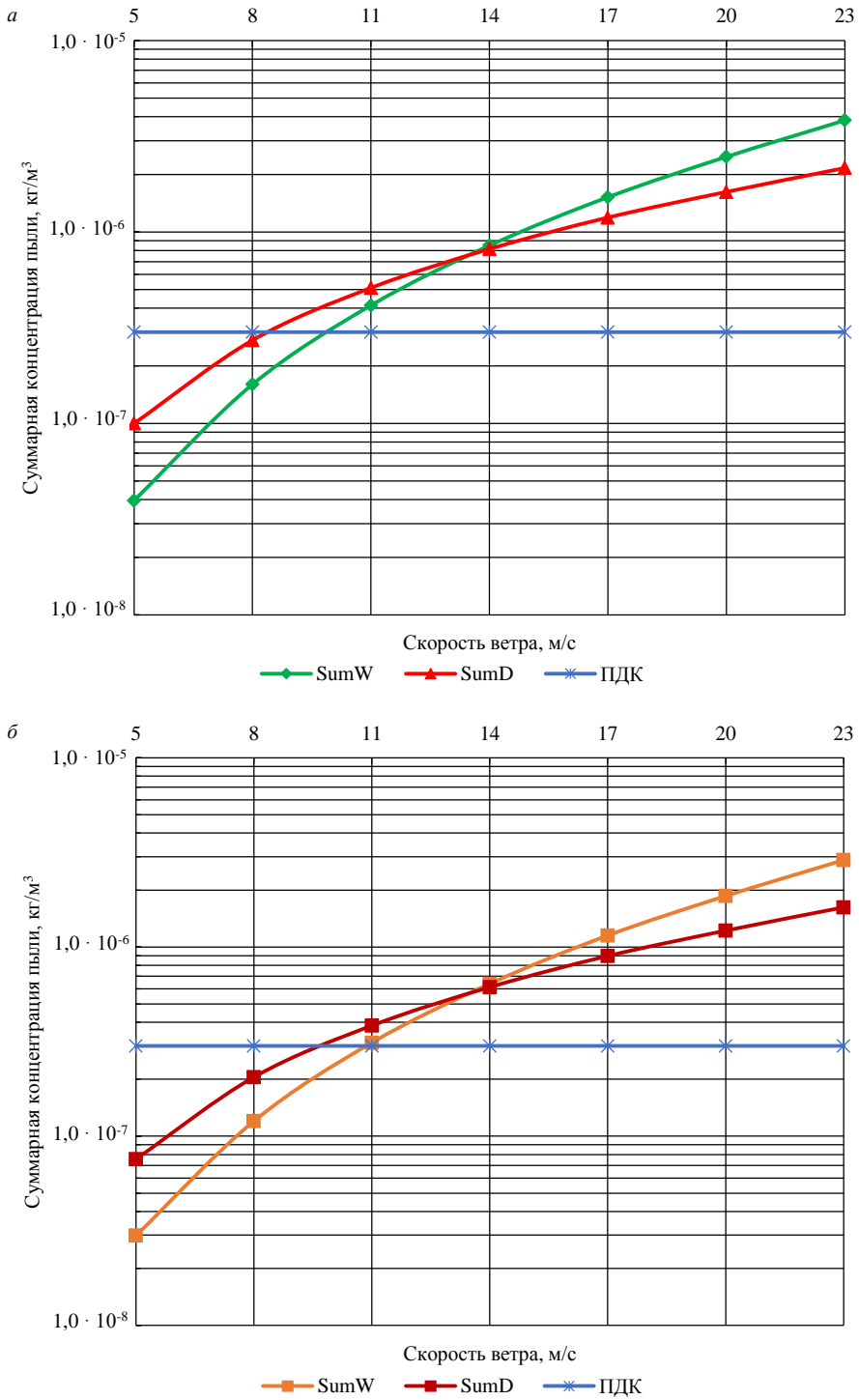


Рис. 2. Расчетные значения суммарной концентрации пыли в зависимости от скорости ветрового потока на референтной высоте для двух значений площади пылящей поверхности:

а – 10,9 га; б – 8,2 га; SumW – зависимость Westphaletal.; SumD – схема DEAD

ности, для неорганической пыли, содержащей 20–70 % двуокиси кремния, в качестве максимальной разовой концентрации установлена величина  $3 \cdot 10^{-7}$  кг/м<sup>3</sup>.

Анализ представленных кривых свидетельствует о достаточной объективности прогнозных оценок. Очевидно, что увеличение площади пыления будет приводить к росту загрязнения атмосферы, что и демонстрируют графики рис. 2. При скорости ветра менее 8 м/с превышение порогового уровня загрязнения не прогнозируется. Однако дальнейшее увеличение скорости ветра будет приводить к росту концентрации пыли и постепенному превышению значения ПДК, а при штормовых ветрах это превышение становится значительным.

Заметим, что, согласно отчету ЗАО «Механобр Инжиниринг», значения скорости ветра выше 8 м/с хотя и редки (вероятность превышения менее 5 %), но возможны [8]. Поэтому противопылевые мероприятия экологических служб АО «Апатит» на хвостохранилище АНОФ-2 по снижению площади пыления, безусловно, необходимы и полезны. Согласно выполненным оценкам, можно прогнозировать, что даже при штормовом северо-западном ветре 20–23 м/с снижение площади пыления на пляже хвостохранилища до 1 га должно обеспечить нормативную чистоту атмосферы г. Апатиты.

Наконец, анализ пространственного распределения концентрации пыли в поперечном направлении к потоку воздуха свидетельствует, что наибольшие концентрации пыли прогнозируются для района Старые Апатиты. Для получения конкретных данных необходимо использовать более точную модель рельефа местности. Однако даже достаточно примитивная используемая модель, учитывающая предгорья Хибин и наиболее крупные возвышенности (Щучья, Воробьиная), дает качественно верную картину распределения концентрации пыли: именно район Старые Апатиты подвергается максимальному загрязнению пылью при сильном северо-западном ветре, что неоднократно подтверждено санитарными службами Мурманской области.

Итак, результаты анализа численных экспериментов по оценке загрязнения атмосферы г. Апатиты при вариации скорости набегающего потока в диапазоне 5–23 м/с с учетом реальной площади пыления свидетельствуют о том, что при скорости ветра до 8 м/с не прогнозируются ситуации превышения ПДК по пыли в г. Апатиты; дальнейший рост скорости ветра при сохранении реальной площади пыления, безусловно, будет приводить к существенному превышению уровня ПДК; соблюдение условия санитарно-гигиенических норм при штормовых ветрах 20–23 м/с возможно обеспечить за счет существенного сокращения текущей площади пыления – с 10,9 (8,2) до 1 га.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. UNEP, WMO, UNCCD (2016). Global Assessment of Sand and Dust Storms. United Nations Environment Programme, Nairobi. URL: [http://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/global\\_assessment\\_of\\_sand\\_and\\_dust\\_storms.pdf](http://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/global_assessment_of_sand_and_dust_storms.pdf) (дата обращения 12.12.2016).
2. Амосов П., Бакланов А., Ригина О. Численное моделирование процессов пыления хвостохранилищ. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 109 с.
3. Амосов П. В., Бакланов А. А. К вопросу оценки интенсивности пыления хвостохранилищ // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-28: сб. трудов XXVIII междунар. науч. конф./ под общ. ред. А. А. Большакова. 2015, в 12 т. Т. 1. С. 3–5.
4. Маслобоев В. А., Бакланов А. А., Амосов П. В. Влияние скорости ветрового потока и высоты хвостохранилища на уровень загрязнения атмосферы // Изв. вузов. Горный журнал. 2016. № 3. С. 67–73.
5. Стриженок А. В. Управление экологической безопасностью намывных техногенных массивов ОАО «Апатит» в процессе их формирования: дис. ... канд. техн. наук. 2015. URL: [http://www.spmi.ru/system/files/lib/sci/aspirant-doctorant/avtoreferaty/2015/dissertaciya\\_strizhenok.pdf](http://www.spmi.ru/system/files/lib/sci/aspirant-doctorant/avtoreferaty/2015/dissertaciya_strizhenok.pdf) (дата обращения 12.09.2015).
6. Marticorena B., Bergametti G. Modeling the atmospheric dust cycle 1. Design of a Soil-derived dust emission scheme // Journal of Geophysical Research-Atmospheres. 1995. Vol. 100. No. D 8. P. 16415–16430.

7. Westphal D. L., Toon O. B., Carlson T. N. A case-study of mobilization and transport of Saharan dust // *Journal of the Atmospheric Sciences*. 1988. No. 45. P. 2145–2175.

8. Реконструкция хвостохранилища до отметки 200 м: проектная документация. 3463-ООС, Т. 6 / рук. Г. Н. Смирнов, исп. М. Б. Григорьева, О. И. Сидоренкова, Е. А. Яковлева. Спб.: ЗАО «Механобр инжиниринг», 2010. 279 с.

Поступила в редакцию 16 января 2017 года

## THE RESULTS OF THE ASSESSMENT OF THE ATMOSPHERE POLLUTION UNDER THE TAILING STORAGE DUSTING (ON THE BASIS OF 3D MODELING)

**Amosov P. V.** – Mining Institute, CSC RAS, Apatity, Murmansk region, the Russian Federation. E-mail: vosoma@goi.kolasc.net.ru

**Baklanov A. A.** – Institute of the North Industrial Ecology Problems, CSC RAS, Apatity, Murmansk region, the Russian Federation. E-mail: aabaklanov@yahoo.com

**Masloboev V. A.** – Presidium, CSC RAS, Apatity, Murmansk region, the Russian Federation. E-mail: masloboev@admksk.apatity.ru

The paper presents the results of atmosphere pollution assessment in Apatity town performed based on numerical modeling for the maximum project height of the ANOF-2 tailing storage, velocity of the incoming stream varying in the range of 5–23 m/sec. The paper describes principal modernization moments for a 3D aerodynamic model in the terms of applying a velocity's logarithmic profile on the model's input boundary and choosing damping coefficients for a stable account across the velocity range of wind flow. The dusting assessments are based on earlier substantiated approaches: the DEAD scheme, the dependence of Westphal et al. The analysis of calculative values of dust concentration has been corrected for actual dusting areas. It has been shown that at the wind velocity up to 8 m/sec there is no danger of exceeding of MPC of dust in Apatity town. At storm winds (20–23 m/sec) the sanitary-hygienic standards can be provided thanks to reducing existing dusting areas by ten times.

**Key words:** tailing storage; dusting; computer models; wind velocity; atmosphere pollution.

### REFERENCES

1. UNEP, WMO, UNCCD (2016). Global Assessment of Sand and Dust Storms. United Nations Environment Programme, Nairobi. Available at: [http://unep/inep.unep.org/media/docs/assessments/global\\_assessment\\_of\\_sand\\_and\\_dust\\_storms.pdf](http://unep/inep.unep.org/media/docs/assessments/global_assessment_of_sand_and_dust_storms.pdf) (Access date 12th December, 2016)
2. Amosov P., Baklanov A., Rigina O. *Chislennoe modelirovanie protsessov pyleniia khvostokhranilishch* [Numerical modeling of the processes of tailing storage dusting]. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 109 p.
3. Amosov P. V., Baklanov A. A. [Regarding the problem of tailing storage dusting intensity]. *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiiakh – MMTT-28: sb. trudov XXVIII mezhdunar. nauch. konf. Pod obshch. red. A. A. Bol'shakova* [Proc. 28th Int. Sci. Conf. "Mathematic methods in tectonics and technologies – MMTT-28". Edited by A. A. Bol'shakov]. 2015, in 12 volumes, vol. 1, pp. 3–5. (In Russ.)
4. Masloboev V. A., Baklanov A. A., Amosov P. V. [The influence of the speed of wind current and the height of tailings dump on the level of the air pollution]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2016, no. 3, pp. 67–73. (In Russ.)
5. Strizhenok A. V. *Upravlenie ekologicheskoi bezopasnost'iu namyvnykh tekhnogennykh massivov OAO "Apatit" v protsesse ikh formirovaniia: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Control over the environmental security of hydraulically filled technogenic massifs of Apatit JSC in the process of their generation. Cand. eng. sci. diss.]. 2015. Available at: [http://www.spmi.ru/system/files/lib/sci/aspirant-doctorant/avtoreferaty/2015/dissertaciya\\_strizhenok.pdf](http://www.spmi.ru/system/files/lib/sci/aspirant-doctorant/avtoreferaty/2015/dissertaciya_strizhenok.pdf) (Access date 12th September, 2015)
6. Marticorena B., Bergametti G. *Modeling the atmospheric dust cycle 1. Design of a Soil-derived dust emission scheme. Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 1995, vol. 100, no. D8, pp. 16415–16430.
7. Westphal D. L., Toon O. B., Carlson T. N. *A case-study of mobilization and transport of Saharan dust. Journal of the Atmospheric Sciences*, 1988, no. 45, pp. 2145–2175.
8. *Rekonstruktsiia khvostokhranilishcha do otmeki 200 m: proektnaia dokumentatsiia. T. 6. Ruk. G. N. Sмирнов, isp. M. B. Grigor'eva, O. I. Sidorenkova, E. A. Iakovleva* [Project documentation "Tailing storage reconstruction up to the mark 200 m." Vol. 6. Edited by G. N. Sмирнов, M. B. Grigor'eva, O. I. Sidorenkova, E. A. Iakovleva]. St. Petersburg, Mekhanobr inzhiniring Publ., 2010. 279 p.



УДК 622.2:681.5

## ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РУДНИЧНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ

ЗОБНИН Б. Б., БОРОВКОВ В. А.

*В горнодобывающей промышленности наряду с электрической широко используется пневматическая энергия. Сжатый воздух вырабатывается на компрессорных станциях. При этом рудничные компрессорные установки являются наиболее электроемким оборудованием. Для достижения глобальной цели – снижения удельных расходов ресурсов на производство сжатого воздуха в течение расчетного периода – следует управлять функционированием и развитием рудничных компрессорных установок таким образом, чтобы предотвратить возникновение критических ситуаций. Общие затраты в каждом элементе системы включают в себя затраты на приобретение оборудования; удельные эксплуатационные затраты; потери, обусловленные нехваткой сжатого воздуха у потребителей; эколого-экономические потери. В статье обоснованы критерии снижения расходов ресурсов на производство сжатого воздуха в течение расчетного периода. К частным критериям относятся: надежность обеспечения требуемого давления сжатого воздуха в пунктах потребления сети; удельный расход электроэнергии на производство сжатого воздуха; суммарные затраты на производство сжатого воздуха; минимизация общего времени использования компрессоров. Исследование зависимостей частных критериев друг от друга позволяет получить допустимое и парето-оптимальное множества решений. Стратегия управления, определяющая ввод новых мощностей для производства сжатого воздуха, представляет собой многопараметрическую задачу нелинейного дискретного программирования.*

**Ключевые слова:** рудничные компрессорные установки; управление развитием; снижение расходов ресурсов; допустимое множество решений; парето-оптимальное множество решений.

В горнодобывающей промышленности наряду с электрической энергией широко используется пневматическая энергия. Сжатый воздух вырабатывается на компрессорных станциях. При этом компрессорные установки являются наиболее электроемким оборудованием. Их удельный вес в энергетическом балансе горных предприятий с подземным способом добычи полезного ископаемого составляет значительную долю и на рудных месторождениях достигает до 40–50 %.

Рассматриваемая проблема заключается в том, что наличие внешних по отношению к рудничным компрессорным установкам (РКУ) дестабилизирующих воздействий (повышение тарифов на энергоносители, повышение требований к стабильности давления сжатого воздуха у потребителей), а также износ компрессоров, приводящий к снижению их производительности, диктует необходимость развития схемы производства сжатого воздуха на шахте. При отсутствии такого развития неизбежно возникает критическая ситуация, когда производительность по сжатому воздуху начинает тормозить основное производство.

---

**Зобнин Борис Борисович** – доктор технических наук, профессор кафедры информатики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: zobninbb@mail.ru

**Боровков Валентин Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: bor402@rambler.ru

Для достижения глобальной цели – снижения удельных расходов ресурсов на производство сжатого воздуха в течение расчетного периода – следует управлять функционированием и развитием РКУ таким образом, чтобы предотвратить возникновение критических ситуаций.

Под управлением развитием здесь понимается формирование воздействий (в соответствии с определенной стратегией) на структуру и параметры РКУ, препятствующих переходам объекта управления в нежелательное состояние и способствующих позитивным (в смысле принятых критериев) переменам. Последовательность реализации мероприятий определяет сценарии развития, которые должны сопоставляться друг с другом в соответствии с принятой нормативно-целевой базой [1].

Управление функционированием и развитием определяет иерархию оптимизационных задач. На верхнем уровне решаются дискретные задачи выбора схемы производства сжатого воздуха (централизованной, децентрализованной, гибридной); замены установленных компрессоров на более экономичные, обеспечивающие требуемую производительность по сжатому воздуху, и т. д.

Общие затраты в каждом элементе системы включают в себя затраты на приобретение оборудования; удельные эксплуатационные затраты; потери, обусловленные нехваткой сжатого воздуха у потребителей; эколого-экономические потери.

Эффективность РКУ будем характеризовать векторным критерием, где  $H_i$  – частные критерии эффективности. Этот критерий приводит к задаче многокритериальной оптимизации, решение которой, не являясь оптимальным ни для одного из частных критериев, является компромиссным для вектора  $H(u)$  в целом.

Исследование зависимостей частных критериев друг от друга позволяет получить допустимое и парето-оптимальное множества решений.

Основным назначением РКУ является снабжение всех машин и механизмов с пневматическим приводом сжатым воздухом, давление которого не должно быть ниже номинального. Поэтому в качестве частного критерия  $H_1(u)$  при выборе расчетного расхода группы потребителей выбираем надежность обеспечения требуемого давления в пунктах потребления сети.

Второй частный критерий  $H_2(u)$ , характеризующий удельный расход электроэнергии на производство сжатого воздуха, рассчитывается по формуле:

$$H_2(u) = S_0(u) + S_3(u),$$

где  $S_0$  – удельные затраты на приобретение оборудования для производства сжатого воздуха;  $S_3$  – удельные эксплуатационные затраты на производство сжатого воздуха;  $u$  – параметры, подлежащие выбору при оптимизации РКУ.

Удельные затраты на приобретение оборудования рассчитываются с учетом необходимого резерва компрессоров.

Резерв компрессоров определяется заданной надежностью снабжения потребителей сжатым воздухом, которая, в свою очередь, зависит от величины потерь, вызванных отсутствием сжатого воздуха.

Ресурсы  $Y$  на производство сжатого воздуха: электрическая энергия; вода; оплачиваемая мощность; здоровье производственного персонала; затраты на ремонт РКУ – определяются по выражению

$$Y = b_0 + b_1 t,$$

где  $b_0, b_1$  – параметры уравнения;  $t$  – временной фактор, годы (таблица).

В общем случае на РКУ используется разнотипное оборудование, характеризующееся разной стоимостью и разными удельными затратами ресурсов на производство сжатого воздуха. В этом случае третьим частным критерием  $H_3(u)$  эффективности РКУ являются суммарные затраты на производство сжатого воздуха, вычисляемые по формуле:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{x_{ij}}{P_{ij}} \cdot C_i \rightarrow \min,$$

где  $x_{ij}$  – объем производства сжатого воздуха  $i$ -м типом компрессора для снабжения  $j$ -го участка;  $P_{ij}$  – производительность  $i$ -го типа компрессора для снабжения  $j$ -го участка;  $C_i$  – стоимость работы  $i$ -го типа компрессора.

Четвертым частным критерием  $H_4(u)$ , позволяющим выявить избыточное число компрессоров, является минимизация общего времени  $z$  их использования:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{x_{ij}}{P_{ij}} \cdot C_i \rightarrow \min;$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = V_j; \quad \sum_{j=1}^m \frac{x_{ij}}{P_{ij}} \leq K_j; \quad x_{ij} \geq 0,$$

где  $V_j$  – плановый объем производства сжатого воздуха для  $j$ -го производственно-го участка;  $K_j$  – ресурс компрессоров  $j$ -го типа.

#### Параметры уравнений, описывающих зависимости тарифов на ресурсы от времени в годах

Ресурс	$b_0$	$b_1$
Электроэнергия $Y_1$ , р./кВт · ч	0,163 кВт · ч/м <sup>3</sup>	0,03 кВт · ч/м <sup>3</sup>
Вода $Y_2$ , р./м <sup>3</sup>	2,64 м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	1,35 м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
Тепловая энергия $Y_3$ , р./Гкал	209,9 Гкал/м <sup>3</sup>	33,3 Гкал/м <sup>3</sup>
Оплачиваемая мощность $Y_4$ , р./кВт	147,9 кВт/м <sup>3</sup>	3,45 кВт/м <sup>3</sup>

$b_0$  – начальные значения тарифов на ресурсы (2001 г.),  $b_1$  – коэффициент, зависящий от времени.

Основным возмущающим воздействием на интервалах оперативного управления РКУ является изменение режима работы пневмоприемников, а также утечки сжатого воздуха из воздухопроводов, возникающие в случайные моменты времени. На интервалах стратегического управления (при изменении фронта горных работ и характеристик воздухопроводов) основными возмущающими воздействиями являются изменения требований потребителей к объему сжатого воздуха, износ компрессорных агрегатов (КА), уменьшающий их производительность, и изменение тарифов на энергоносители.

На верхнем иерархическом уровне решается задача управления развитием РКУ, заключающаяся в формировании воздействий (в соответствии с определенной стратегией) на структуру и параметры РКУ, препятствующих переходу объекта управления в нежелательное состояние и способствующих позитивным (в смысле принятых критериев) переменам.

Воздействия на верхнем иерархическом уровне могут иметь следующий характер:

- установка компрессора определенного типа в один из узлов пневматической сети;
- замена компрессора, находящегося в эксплуатации, на новый компрессор того же или другого типа;
- установка компрессора с регулируемым приводом;
- утилизация тепла сжатого воздуха;
- сооружение гидропневмоаккумулятора (ГПА) в определенном узле сети и т. д.

Последовательность реализации мероприятий определяет сценарии развития, которые должны сопоставляться друг с другом в соответствии с принятой нормативно-целевой базой.

Задача выбора сценария может быть формализована как задача системной оптимизации, направленной на разрешение сложившейся проблемной ситуации. В задаче системной оптимизации должны быть определены цели развития для каждого иерархического уровня, а также требования к средствам развития; сформирован перечень мероприятий с оценкой их вклада в достижение целей и оценкой ресурсов, необходимых для их реализации. Задача системной оптимизации допускает в диалоговом режиме перераспределение имеющихся ресурсов и ввод дополнительных средств, что позволяет расширять область допустимых решений.

Задача оптимального выбора структуры и параметров РКУ относится к многокритериальной задаче оптимизации с нелинейными ограничениями, обусловленными тем, что параметры модели должны удовлетворять функциональным связям типа равенств или неравенств.

В соответствии с обоснованными критериями требуемое качество управления функционированием и развитием РКУ обеспечивается выбором оптимальных стратегий, минимизирующих удельные энергетические затраты на производство сжатого воздуха при условии, что надежность снабжения сжатым воздухом потребителей будет не ниже заданной. Каждой стратегии управления ставится в соответствие введенный ранее векторный критерий.

Все частные критерии эффективности РКУ являются количественно соизмеримыми. Соизмеримость критериев основана на сопоставлении средних потерь на производстве в единицу времени из-за отказов РКУ и увеличения удельных затрат на производство сжатого воздуха.

Предлагаемая стратегия управления развитием РКУ заключается в том, чтобы с использованием прогнозов добычи объемов горной массы, фронта горных работ и тарифов на энергоносители определить периоды ввода в действие новых мощностей по производству сжатого воздуха. Периоды ввода новых мощностей должны определяться таким образом, чтобы обеспечить снижение удельных затрат на производство сжатого воздуха, компенсирующих рост тарифов. Ввод новых мощностей может обеспечиваться оснащением РКУ новыми типами компрессоров, снабжением компрессоров регулируемым приводами, снижением энергетических потерь путем утилизации тепла сжатого воздуха и т. д.

Для вычисления управления в момент времени  $t$  будем использовать только информацию о ходе процесса, полученную до этого момента.

С использованием результатов обработки статистической информации установлено, что интенсивность отказов и средняя продолжительность ремонта возрастают с увеличением эксплуатационного возраста оборудования.

При решении задачи управления развитием в определенный дискретный момент времени  $k$  происходит переход от одной структуры технологического комплекса к другой, т. е. траектория движения имеет характер кусочно-постоянных функций, которые находят из условия [2]:

$$A_j(k) = \operatorname{argmin}\{H_0(k, k+1)/A_j, I(k)\}, \quad (1)$$

где  $H_0(k, k+1)$  – прогнозируемые совокупные потери при выборе  $k$ -й альтернативы;  $I(k)$  – информация, полученная к моменту времени  $k$ .

В общем случае стратегия управления (1) представляет собой многопараметрическую задачу нелинейного дискретного программирования, так как альтернативы могут принимать только дискретные значения. Последнее обстоятельство объясняется наличием ограниченного количества технических средств, параметры которых фиксированы. Решение сформулированной задачи трудоемко, но не вызывает принципиальных затруднений. Оно может быть получено с использованием аналитических соотношений для достижимого качества функционирования различных структур РКУ, а также известных методов математического программирования, ориентированных на применение современных ЭВМ [3].

Итак, на интервалах стратегического управления рудничными компрессорными установками следует использовать векторный критерий, позволяющий оценить надежность обеспечения требуемого давления сжатого воздуха в пунктах потребления сети; удельный расход электроэнергии на производство сжатого воздуха; суммарные затраты на производство сжатого воздуха; общее время использования компрессоров.

Все частные критерии эффективности РКУ должны быть количественно соизмеримыми. Соизмеримость критериев основана на сопоставлении средних потерь в единицу времени из-за отказов РКУ и увеличения удельных затрат на производство сжатого воздуха.

Стратегия управления, определяющая ввод новых мощностей для производства сжатого воздуха, представляет собой многопараметрическую задачу нелинейного дискретного программирования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зобнин Б. Б., Макаров В. В., Вожегов А. В. Управление развитием горного предприятия // Изв. вузов. Горный журнал. 2016. № 6. С. 24–32.
2. Зобнин Б. Б., Морина С. И. Об одной задаче управления с ограничением на число переключений // Изв. АН. Теория и системы управления. 2000. № 2. С. 72–77.
3. Зобнин Б. Б., Вожегов А. В. Мультиагентные системы. Управление сложными технологическими комплексами. Германия: LAB, 2014. 148 с.

Поступила в редакцию 24 апреля 2017 года

#### THE SUBSTANTIATION OF MINING COMPRESSOR INSTALLATION DEVELOPMENT MANAGEMENT CRITERIA

**Zobnin B. B., Borovkov V. A.** – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation.  
E-mail: zobninbb@mail.ru

Together with electric power pneumatic energy is widely used in mining industry. Compressed air is produced at compressor stations. At that, mining compressor installations is the equipment with the highest electric capacity. To acquire the global goal, that is to reduce specific charge of resources for the production of compressed air within the accounting period, it is necessary to manage the operation and the development of mining compressor installations in a way that can prevent the development of emergencies. The total cost in each element of the system includes equipment purchase cost, specific operational costs, loss conditioned by the lack of compressed air with the consumer,

and eco-economic loss. The article substantiates the criteria for resources expenses reduction for the production of compressed air within the accounting period. To special criteria refer: the reliability of providing the required pressure of the compressed air in the points of the net consumption, specific electric energy consumption for the production of compressed air, total costs for the production of compressed air, and the minimization of the overall time of compressors use. The investigation of special criteria interdependence makes it possible to acquire the allowable and Pareto optimal solution sets. Management strategy which determines the introduction of new energies to produce the compressed air represents multivariable problem of non-linear discrete programming.

**Key words:** mining compressor installations; development management; resources expenses reduction; allowable solution set; Pareto optimal solution set.

#### REFERENCES

1. Zobnin B. B., Makarov V. V., Vozhegov A. V. [Mining enterprise development management]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2016, no. 6, pp. 24–32. (In Russ.)
  2. Zobnin B. B., Morina S. I. [About one problem of management with restriction to transition count]. *Izvestiya akademii nauk, teoriya i sistemy upravleniya – Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2000, no. 2, pp. 72–77. (In Russ.)
  3. Zobnin B. B., Vozhegov A. V. *Mul'tiagentnye sistemy. Upravlenie slozhnymi tekhnologicheskimi kompleksami* [Multi-agent systems. Complex technological complexes management]. Germany, LAB Publ., 2014. 148 p.
-

УДК 622.333

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ДОЛОТАМИ РЕЖУЩЕ-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

БОВИН К. А., ГИЛЕВ А. В.

*Предложена конструкция разборного режущего долота с зубчато-дисковыми фрезами (ДРДФ-244,5-2), оснащенными двумя рядами металлокерамического вооружения, осуществляющего комплексное разрушающее воздействие твердосплавных зубьев на горную породу, включающее смятие, сдвиг, скалывание и резание. Исследованы возможные режимы работы долота ДРДФ-244,5-2: устойчивый режим, режим противокачения, блокированный режим. Выполнено моделирование взаимодействия породоразрушающих элементов с забоем скважины при устойчивой работе долота. Получены выражения для вычисления моментов зубчато-дисковых фрез с двумя рядами твердосплавного вооружения, а также рациональных осевых усилий, обеспечивающих устойчивую работу долота в породах различной крепости. Представлен график, по которому можно определить осевые усилия, обеспечивающие устойчивый режим работы долота ДРДФ-244,5-2 с различным количеством зубчато-дисковых фрез. Установлено, что двухрядное вооружение бурового инструмента с режуще-вращательными фрезами обеспечивает расширение области рациональной эксплуатации долот режуще-вращательного действия; бурение взрывных скважин долотом ДРДФ в устойчивом режиме работы в породах с широким диапазоном изменения физико-механических свойств обеспечивается регулированием осевого усилия в зависимости от крепости горных пород.*

**Ключевые слова:** осевое усилие; крепость горных пород; бурение взрывных скважин; буровой инструмент; устойчивый режим работы.

Современного уровня техника и технология бурения взрывных скважин достигли во второй половине XX в. При этом преобладающее применение получило шарошечное бурение, которым выполняется более 80 % всех объемов буровых работ [1].

Вследствие широкого разнообразия физико-механических свойств горных пород разные буровые инструменты имеют ряд отличий. При бурении взрывных скважин на карьерах по породам небольшой ( $f < 6$ ) и средней крепости ( $f < 10$ ) дорогие шарошечные долота могут быть заменены режущими долотами [2]. На сегодняшний день известно множество конструкций режущих буровых инструментов [3, 4]. Несмотря на то что эти буровые инструменты имеют значительно меньшую стоимость, чем шарошечные, большую стойкость ( $L = 2000-6000$  м) и высокую ремонтпригодность, они имеют ограниченную область рационального применения ( $f = 2-8$ ). Исходя из этого, необходимо создавать новые виды режущих буровых инструментов с расширенной областью рационального применения.

---

**Бовин Константин Анатольевич** – аспирант кафедры горных машин и комплексов. 660025, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 95, Сибирский федеральный университет. E-mail: kocht.91@mail.ru

**Гилев Анатолий Владимирович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой горных машин и комплексов. 660025, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 95, Сибирский федеральный университет. E-mail: anatolij.gilev@gmail.com

Коллективом кафедры горных машин и комплексов Сибирского федерального университета разработано буровое разборное долото ДРДФ-244,5-2 с зубчато-дисковыми фрезами, оснащенными двумя рядами твердосплавного вооружения (рис. 1), которое эффективно разрушает сложноструктурные массивы горных пород с  $f = 2-10$ . Данная конструкция бурового долота является перспективной, однако требует обоснования рациональных режимных параметров бурения взрывных скважин.

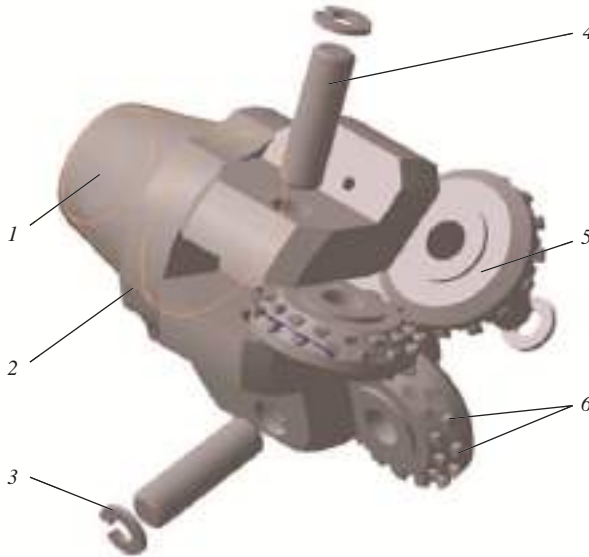


Рис. 1. Буровое разборное долото с дисковыми фрезами и двумя рядами твердосплавного вооружения ДРДФ-244,5-2: 1 – nipple; 2 – корпус; 3 – стопорное кольцо; 4 – ось; 5 – дисковые фрезы; 6 – двухрядное вооружение

На выбор режимов бурения долота ДРДФ-244,5-2 влияют конструктивные и кинематические особенности, обуславливающие характерный механизм взаимодействия с забоем скважины.

Работа ДРДФ в забое при воздействии на него осевого усилия  $P_{oc}$  теоретически может характеризоваться следующими режимами [2].

*Устойчивый режим.* В этом случае моменты вращения, действующие на зубчато-дисковую фрезу (рис. 2), находятся в зависимости:

$$M_{\phi} > M_{r}, \quad (1)$$

где  $M_{\phi}$  – момент, вращающий зубчато-дисковую фрезу вокруг оси  $O_2$ , Н · м;  $M_{r}$  – момент вращения, возникающий от сил трения и реакций, действующих на зубчато-дисковую фрезу в процессе разрушения породы, Н · м.

*Режим противокачения.* В этом случае моменты вращения, действующие на зубчато-дисковую фрезу, находятся в зависимости  $M_{\phi} < M_{r}$ .

*Блокированный режим.* Зубчато-дисковые фрезы работают без вращения. В этом случае моменты вращения, действующие на зубчато-дисковую фрезу, равны:  $M_{\phi} = M_{r}$ .

Следовательно, эффективное разрушение породы долотом ДРДФ, а также обеспечение длительного срока службы вооружения возможны лишь при работе зубчато-дисковых фрез в устойчивом режиме.



Рассмотрим работу долота с зубчато-дисковыми фрезами в каждой зоне забоя скважины, исходя из условия, что осевое усилие  $P_{oc}$ , действующее на долото, распределяется равномерно на количество зубчато-дисковых фрез  $\beta$  и количество зубьев  $N$ , находящихся в зоне разрушения породы в забое (рис. 2).

Поскольку у каждой зубчато-дисковой фрезы теоретически одновременно в зоне разрушения находится 50 % зубьев и в зоне охлаждения (нерабочей зоне) – 50 %, то осевое усилие  $P_3$ ,  $N$ , приходящееся на один зуб:

$$P_3 = \frac{2P_{oc}}{\beta N}. \quad (2)$$

Осевое усилие  $P_3$ , действующее на элемент вооружения (зуб), создает в каждой зоне забоя скважины реактивное усилие  $R_3$ , действующее на зуб со стороны породы, причем  $P_3 = R_3$ .

На породу в центральной зоне забоя (вершину керна) действует осевое усилие  $P_k$ ,  $N$ , передаваемое зубом каждой зубчато-дисковой фрезы (рис. 2, зуб 15):

$$P_k = \beta P_3 = \frac{2P_{oc}}{N}.$$

На керна действуют усилия, в  $\beta$  раз превышающие усилия, действующие на породу в любой другой зоне забоя скважины, а также зубья нижнего ряда, создающие вертикальные и горизонтальные нагрузки вследствие вращения зубчато-дисковой фрезы вокруг оси скважины  $O_1-O_1$  с частотой вращения  $n_d$  и разрушающие основание керна. Таким образом, на керна, имеющий довольно небольшие размеры по отношению к другим зонам забоя скважины (диаметр основания керна составляет около 20 мм), действуют силы, создающие комплексный характер разрушения: смятие, сдвиг, скалывание и резание.

Поскольку разрушение керна происходит достаточно легко, то величины реактивных усилий, действующих со стороны породы на зубья 15, 16, 17 и 18, являются незначительными и в дальнейших расчетах их можно не учитывать, т. е. можно принять

$$R_{15} \approx R_{16} \approx R_{17} \approx R_{18} \approx 0. \quad (3)$$

Реактивные усилия действуют на элементы вооружения, находящиеся в I, II и III частях зубчато-дисковой фрезы. В связи с этим в расчетах, в том числе при определении моментов, действующих на зубчато-дисковую фрезу, практически можно принять условие, что в работе по разрушению породы в забое скважины участвуют одновременно  $2/5$  части вооружения, т. е. каждый зуб в рабочей зоне забоя находится  $2/5$  своего пути, а в зоне охлаждения (нерабочей зоне) –  $3/5$  (рис. 2).

Момент, вращающий зубчато-дисковую фрезу вокруг оси  $O_2$ , с учетом (1):

$$M_\phi = M_c - M_k > 0, \quad (4)$$

где  $M_c$  – момент, возникающий от сил, действующих со стороны периферийной зоны забоя скважины, Н · м;  $M_k$  – момент, возникающий от сил, действующих со стороны средней и центральной зон забоя скважины, Н · м.

С учетом реактивных сил, действующих на элементы вооружения со стороны периферийной зоны забоя скважины, момент  $M_c$  будет равен:

$$M_c = R_{28}r_\phi \sin a + R_{25}r_\phi \sin 2a + R_{26}r_\phi \sin 3a + R_{27}r_\phi \sin 4a + R_{28}r_\phi \sin 5a + \\ + R_{29}r_\phi \sin 6a + R_{30}r_\phi \sin 7a, \quad (5)$$

где  $R_{24}$ ,  $R_{25}$ ,  $R_{26}$ ,  $R_{27}$ ,  $R_{28}$ ,  $R_{29}$ ,  $R_{30}$  – реактивные усилия, действующие на соответствующие элементы вооружения (зубья) со стороны забоя скважины, Н;  $r_\phi$  – радиус зубчато-дисковой фрезы, м;  $a$  – угол между элементами вооружения (зубьями), град.,  $a = 2\pi/N$ .

При условии, что осевое усилие  $P_{oc}$  в рабочей зоне равномерно распределяется на зубья и создает равные реактивные усилия ( $R_3 = P_3$ ), можно говорить о справедливости равенства

$$P_{19} = P_{20} = \dots = P_{30} = R_{19} = R_{20} = \dots = R_{30}.$$

При этом (5) примет вид:

$$M_c = R_3 r_\phi (\sin a + \sin 2a + \sin 3a + \sin 4a + \sin 5a + \sin 6a + \sin 7a), \quad (6)$$

С учетом реактивных сил, действующих на зубья со стороны средней зоны забоя скважины, и выражения (3) можно определить момент  $M_k$ , противодействующий моменту  $M_c$ :

$$M_k = R_3 r_\phi (\sin a + \sin 2a + \sin 3a + \sin 4a). \quad (7)$$

Подставив выражения (6) и (7) в формулу (4), получим:

$$M_\phi = R_3 r_\phi (\sin 5a + \sin 6a + \sin 7a), \quad (8)$$

Поскольку  $\sin 7a = \sin 90^\circ = 1$ , а  $P_3$  определяется по формуле (2), то момент  $M_\phi$ , Н · м, вращающий дисковую фрезу вокруг своей оси  $O_2$ , с учетом выражения (8) может быть определен по формуле:

$$M_\phi = \frac{P_{oc} d_\phi}{\beta N} \left( 1 + \sin \frac{10\pi}{N} + \sin \frac{12\pi}{N} \right),$$

где  $d_\phi$  – диаметр зубчато-дисковой фрезы, м.

Кроме моментов вращения  $M_c$  и  $M_k$ , на зубчато-дисковую фрезу действуют момент трения фрезы о породу  $M_n$  и момент трения в опоре  $M_o$ .

Момент трения зубчато-дисковой фрезы о породу

$$M_n = F_{тр} l_p,$$

где  $F_{тр}$  – сила трения, действующая на зубчато-дисковую фрезу, возникающая от взаимодействия с породой, Н;  $l_p$  – расстояние от вертикальной оси вращения А–А зубчато-дисковой фрезы до центра приложения силы трения  $F_{тр}$  (рис. 2, зуб 25).

При этом сила трения

$$F_{тр} = P_p \mu_n, \tag{9}$$

где  $P_p$  – усилие, действующее на породу со стороны зубчато-дискowej фрезы, равное усилию резания,  $H$ ;  $\mu_n$  – коэффициент трения скольжения материала зубчато-дискowej фрезы о породу,  $\mu_n = 0,25-1,0$ .

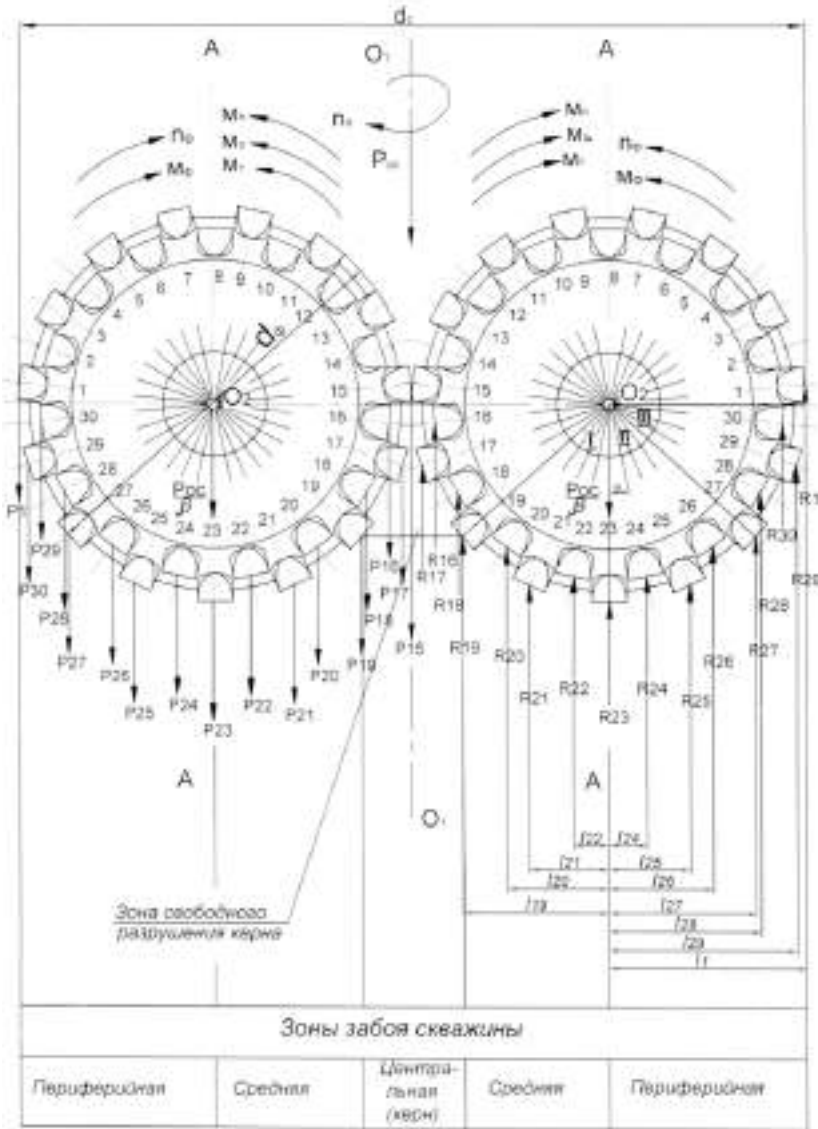


Рис. 2. Взаимодействие вооружения зубчато-дискowej фрезы с породой в забое скважины

С учетом выражения (9) момент трения зубчато-дискowej фрезы о породу,  $H \cdot м$ :

$$M_n = P_p l_p \mu_n,$$

где  $l_p$  – расстояние от вертикальной оси вращения  $A-A$  зубчато-дискowej фрезы до центра приложения  $F_{тр}$ ,  $l_p = l_{p4} = r_\phi \sin \alpha$ .

Усилие  $P_p$ , Н, зависит от размеров разрушаемого участка породы, ее физико-механических свойств и находится по уравнению [5]:

$$P_p = \varepsilon h K_k \sigma_{м.б}, \quad (10)$$

где  $\varepsilon$  – длина разрушаемого участка породы, равная части окружности зубчато-дисковой фрезы в секторах I, II, III (рис. 2), м,

$$\varepsilon = \frac{2}{5} \pi d_\phi; \quad (11)$$

$h$  – глубина внедрения зубчато-дисковой фрезы в забой скважины за один оборот долота, с учетом [6], м:

$$h = \frac{V_б}{n_d \beta}, \quad (12)$$

где  $V_б$  – скорость бурения скважины, м/с;  $K_k$  – коэффициент, учитывающий неполноту контакта разрушаемого участка породы с рабочей частью зубчато-дисковой фрезы,  $K_k = 0,5-0,7$ ;  $\sigma_{м.б}$  – предел прочности породы при механическом разрушении, Н/м<sup>2</sup>.

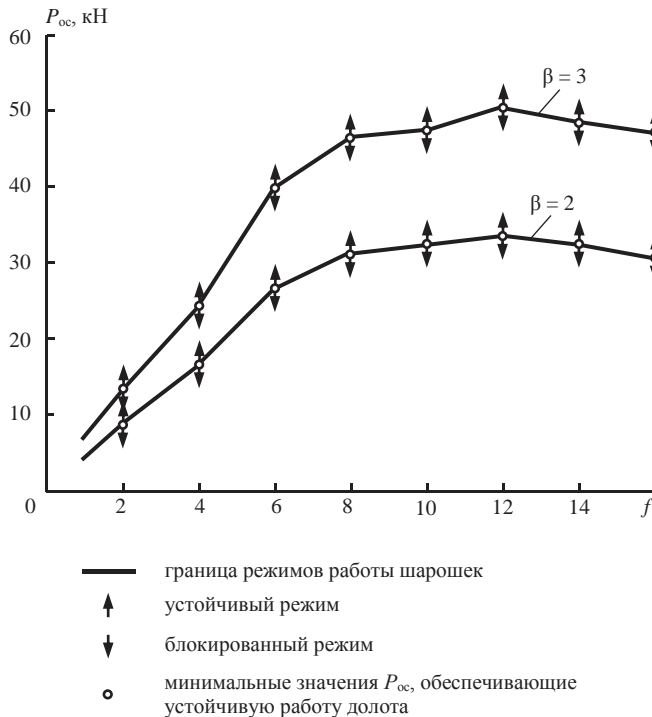


Рис. 3. Значения осевых усилий, определяющих режимы работы долота ДРДФ

С учетом полученных выражений (10), (11) и (12) момент трения зубчато-дисковой фрезы о породу, определяемый по формуле (10), будет равен, Н · м:

$$M_{п} = \frac{2}{30} \pi d_\phi^2 h K_k \sigma_{м.б} \sin \alpha \mu_{п}. \quad (13)$$

Момент трения в опоре зубчато-дисковой фрезы (на оси вращения  $O_2$ ), с учетом работы [2], Н · м:

$$M_o = \mu_o r_o \frac{P_{oc}}{\beta}, \quad (14)$$

где  $\mu_o$  – коэффициент трения скольжения в опоре;  $r_o$  – радиус оси (опоры), на которой находится зубчато-дисковая фреза, м.

Суммарный момент трения  $M_T$ , Н · м, противодействующий моменту вращения  $M_\phi$ , с учетом выражений (13) и (14) будет равен:

$$M_T = \frac{2}{30} \pi d_\phi^2 h K_\kappa \sigma_{м.б} \sin \alpha \mu_\pi + \mu_o r_o \frac{P_{oc}}{\beta}; \quad (15)$$

$$P_{oc} > \frac{0,6 d_\phi V_\phi K_\kappa \sigma_{м.б} \sin(2\pi/N) \mu_\pi N \beta}{n_d (1 + \sin(10\pi/N) + \sin(12\pi/N))}.$$

Для долота ДРДФ-244,5-2 с тридцатью зубьями на зубчато-дисковой фрезе выражение (15) примет вид (при  $\mu_\pi = 0,55$ ;  $K_\kappa = 0,5$ ):

$$P_{oc} > 0,43 d_\phi h \sigma_{м.б} \beta. \quad (16)$$

Минимальные значения осевых усилий  $P_{oc.min}$ , обеспечивающие устойчивый режим работы долота ДРДФ-244,5-2, представлены в таблице.

По результатам расчетов, указанных в таблице, построен график (рис. 3), по которому возможно определение рациональных осевых усилий, обеспечивающих устойчивый режим работы долот ДРДФ диаметром 244,5 мм при бурении горных пород с коэффициентом крепости  $f = 2-14$ .

**Минимальные значения осевых усилий, обеспечивающих устойчивую работу бурового долота ДРДФ-244,5-2**

Степень крепости пород	$f$	$\sigma_{м.б}$ , МПа	$h$ , м/об.	$P_{oc.min}$ , кН	
				$\beta = 2$	$\beta = 3$
Мягкие и довольно мягкие	2	18,2	0,00485	8,8	13,3
Средние	4	35,0	0,00465	16,4	24,5
Средние и довольно крепкие	6	60,0	0,00442	26,7	40,0
Крепкие	8	74,3	0,00424	31,7	47,5
	10	86,0	0,00374	32,4	48,5
Очень крепкие	12	112,0	0,00298	33,6	50,4
	14	146,5	0,00221	32,6	48,9

$\sigma_{м.б}$  – среднее значение предела прочности породы при механическом разрушении.

Из выражения (16) следует, что  $P_{oc}$  повышается с увеличением прочности (крепости) пород и уменьшением скорости вращения долота  $n_d$ . Следовательно, для устойчивой работы долота ДРДФ при бурении крепких пород осевое усилие должно иметь большие значения, чем при бурении пород мягких и средней крепости.

На рис. 3 видно, что при крепости горных пород  $f < 12$  рациональные значения осевого усилия возрастают, а при значениях  $f > 12$  рациональные значения осевого усилия, необходимого для обеспечения устойчивой работы долота ДРДФ, уменьшаются. Наибольшие значения  $P_{oc}$  приходятся на породы с коэффициентом

крепости  $f = 10\text{--}12$ . Это связано с изменением значений скорости бурения и величины внедрения фрезы в породу.

Таким образом, двухрядное вооружение бурового инструмента с режущевращательными фрезами обеспечивает расширение области эксплуатации по сравнению с однорядными ДЗДШ до  $f = 8\text{--}10$  с пропластками до  $f = 12$ .

Бурение взрывных скважин долотом ДРДФ в устойчивом режиме работы в породах с широким диапазоном изменения физико-механических свойств, предотвращающим остановку и заклинивание породоразрушающих элементов (зубчато-дисковых фрез) в забое, обеспечивается регулированием осевого усилия в зависимости от крепости горных пород.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шигин А. О., Гилев А. В. Методика расчета усталостной прочности как основного фактора стойкости шарошечных долот // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 3(62). С. 22–27.
2. Гилев А. В. Научно-технические основы создания специализированных буровых инструментов и технологий их применения на карьерах: дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2005. 385 с.
3. Буткин В. Д., Гилев А. В., Доронин С. В. и др. Проектирование буровых долот для открытых, земляных и строительных работ. М.: Макс Пресс, 2005. 240 с.
4. Буткин В. Д., Телешев А. С., Брюхов Е. Ф. Буровые долота с вращающимися резцами для разрезов. М.: ЦНИИЭИуголь, 1976. 44 с.
5. Гилев А. В. К теории рабочего процесса буровых долот переменного диаметра // Актуальные проблемы ресурсосбережения при добыче и переработке полезных ископаемых: сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 1996. С. 90–95.
6. Подэрни Р. Ю. Механическое оборудование карьеров: учеб. для вузов. М.: МГУ, 2007. 591 с.

Поступила в редакцию 17 апреля 2017 года

### JUSTIFICATION OF RATIONAL OPERATING PARAMETERS OF ROCK DRILLING WITH ROTARY-CUTTING DRILL BITS

**Bovin K. A., Gilev A. V.** – Siberian Federal University, Krasnoyarsk, the Russian Federation. E-mail: koct.91@mail.ru

The construction is proposed of a demountable cutting bit with disk milling cutters (DRDF-244.5-2) equipped with two rows of cermet cutting structure, which performs complex impact of hard-alloy teeth on rock, including crumpling, shearing, cleaving, and cutting. Possible operating modes of the drill bit DRDF-244.5-2 are investigated: stable mode, anti-roll mode, and blocked mode. Modeling of interaction of rock-destroying elements with the bottom surface of a borehole is executed under the stable work of the drill bit. The expressions for the calculation of the moments of the tooth-wheel milling cutters with two rows of hard-alloy cutting structure, as well as the rational axial forces ensuring stable work of the drill bit in rocks of different fortresses are determined. The article introduces the diagram to determine axial force ensuring stable operating mode of drill bits DRDF-244.5-2 with different quantity of tooth-wheel milling cutters. It has been determined that double-row cutting structure of the drilling device with rotary-cutting milling cutters provides the diversification of the sphere of rational exploitation of rotary-cutting drill bits. Blasthole drilling with the drill bit DRDF in stable operation mode in rocks with wide range of physical and mechanic properties change is ensured by the control over the axial force depending on rock hardness.

**Key words:** axial force; rock hardness; blasthole drilling; drilling device; stable operating mode.

#### REFERENCES

1. Shigin A. O., Gilev A. V. [The methods of calculating fatigue strength as the basic factor of roller bit stability]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 2012, no. 3(62), pp. 22–27. (In Russ.)
2. Gilev A. V. *Nauchno-tekhnicheskie osnovy sozdaniia spetsializirovannykh burovyykh instrumentov i tekhnologii ikh primeneniia na kar'erakh: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Research and engineering fundamentals of creating specific drilling devices and technologies of their application at the open pits. Dr. eng. sci. diss.]. Krasnoyarsk, 2005. 385 p.
3. Butkin V. D., Gilev A. V., Doronin S. V., and others. *Proektirovanie burovyykh dolot dlia otkrytykh, zemlianykh i stroitel'nykh rabot* [Drill bits design for opencast, earth, and construction works]. Moscow, Maks Press Publ., 2005. 240 p.
4. Butkin V. D., Teleshev A. S., Briukhov E. F. *Burovye dolota s vrashchaiushchimisya reztsami dlia razrezov* [Drill bits with rotary cutters for open pits]. Moscow, TsNIIÉIugol' Publ., 1976. 44 p.
5. Gilev A. V. [Toward the theory of operating process of drill bits of variable diameter]. *Aktual'nye problemy resursosberezheniia pri dobyche i pererabotke poleznykh iskopaemykh: sb. nauch. st. Mezhdunar. nauch. -prakt. konf.* [Proc. Int. Sci. and Pract. Conf. "Up-to-date problems of resource saving under mineral mining and processing"]. Krasnoyarsk, 1996, pp. 90–95. (In Russ.)
6. Poderni R. Iu. *Mekhanicheskoe oborudovanie kar'erov* [Open pit machinery]. Moscow, MSMU Publ., 2007. 591 p.

# ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

---

УДК 550.23

## ОБЛАСТЬ ВОЗМОЖНОГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОЧАГОВ ОЩУТИМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

ГУЛЯЕВ А. Н.

*В пределах Уральского региона на современном этапе отмечаются редко происходящие ощутимые землетрясения силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64, сопровождающие становление новейшего Уральского орогена. Большая часть эпицентров ощутимых землетрясений региона сосредоточена в пределах Средне-Уральского сейсмодомена, который можно рассматривать как область возможного возникновения очагов ощутимых землетрясений в будущем. Сейсмодомен приурочен к области интерференции субмеридионального Уральского горного пояса, разделяющего Восточно-Европейскую платформу и Западно-Сибирскую плиту, и северо-восточной границы Русской плиты Восточно-Европейской платформы. В пределах Средне-Уральского сейсмодомена выделяются четыре сейсмичных узла – Добрянский, Серебрянский, Билимбаевский и Златоуст-Миасс-Кыштымский, в которых локализована большая часть эпицентров ощутимых землетрясений, и, соответственно, выделяется большая часть сейсмической энергии недр региона. Возникновение очагов наиболее сильных (с магнитудой до 4,5–5,0) ощутимых землетрясений в 1788–2017 гг. отмечалось в пределах Серебрянского и Билимбаевского сейсмичных узлов, располагающихся в центральной части Средне-Уральского сейсмодомена, приуроченной к области интерференции зоны геодинамического влияния Главного Уральского разлома и северо-восточной пограничной зоны Русской плиты Восточно-Европейской платформы. Вероятность возникновения очагов ощутимых землетрясений с магнитудой 4,5–5,0 и силой до 6 баллов по шкале MSK-64 в пределах данной области приблизительно оценивается как один раз в 80–120 лет.*

**Ключевые слова:** *новейший ороген; сейсмичность; эпицентры ощутимых землетрясений; сейсмичные узлы; сейсмодомен; область возможного возникновения очагов ощутимых землетрясений.*

В пределах центральной части Уральского региона отмечаются редко происходящие ощутимые землетрясения силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64, предположительно сопровождающие становление Уральского новейшего орогена на современном этапе. За последние 300 лет на Урале, согласно [1–3], было отмечено примерно 40 таких событий, совокупность эпицентров которых образует Средне-Уральский сейсмодомен [4]. Очаги ощутимых землетрясений в пределах сейсмодомена локализованы преимущественно в породах дорифейского фундамента на глубинах от первых километров до 25 км. Средне-Уральский сейсмодомен можно рассматривать как область возможного возникновения в будущем очагов редко происходящих ощутимых землетрясений (область ВОЗ) с магнитудой 3,0–5,0 и силой сотрясения в эпицентрах от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64 (рис. 1).

Согласно [4], Средне-Уральский сейсмодомен может быть приурочен к области интерференции северо-восточной пограничной зоны Русской плиты

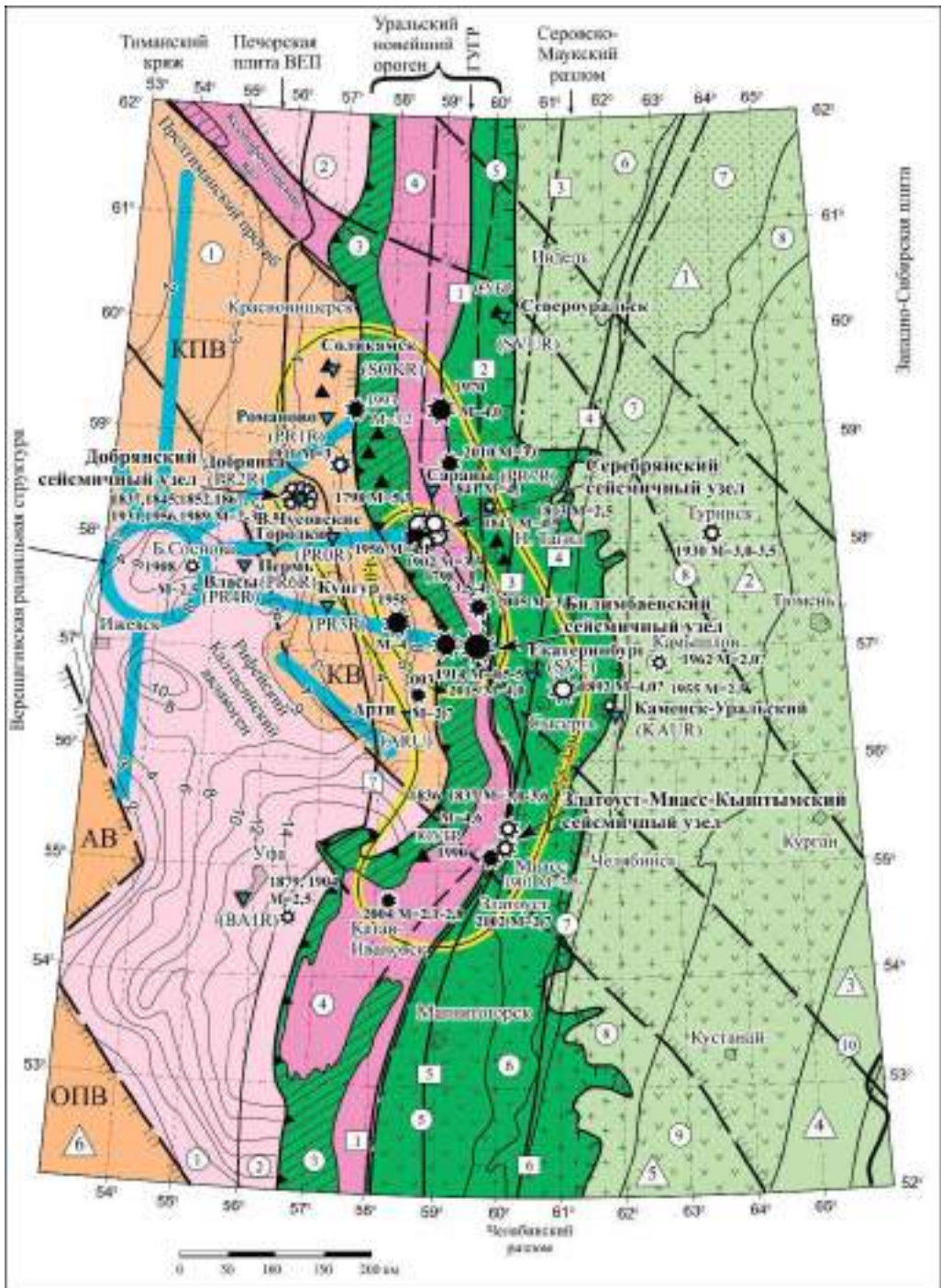
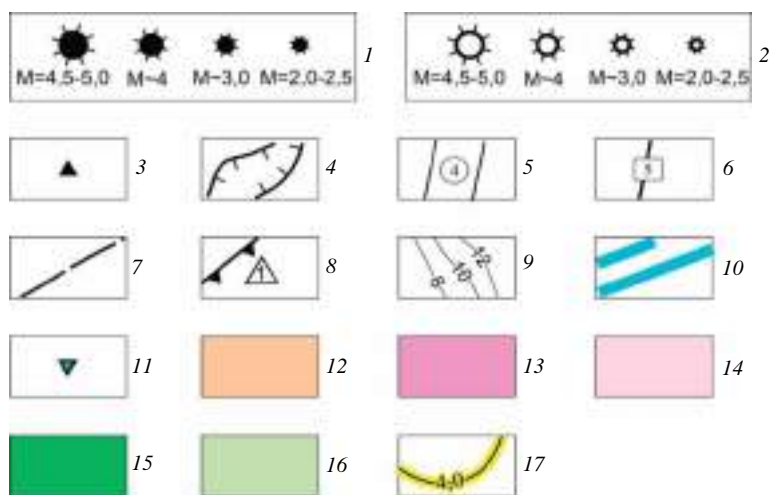


Рис. 1. Схема сеймотектоники центральной части Уральского региона. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2017 г. Компьютерная графика Н. В. Арзамасцевой



## Условные обозначения



1. Эпицентры ощутимых землетрясений, зарегистрированных станциями сейсмического мониторинга. Положение эпицентров оценено по результатам анализа сейсмических записей приборами сейсмостанций.

2. Эпицентры ощутимых землетрясений, инструментально не зарегистрированных, данные о которых содержатся в архивных исторических документах. Положение эпицентров оценено по результатам анализа макросейсмических описаний событий, содержащихся в архивных документах.

3. Эпицентры сильных горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горнорудных предприятиях, где отработка месторождений ведется подземными горными выработками.

4. Границы «обнаженного» Урала.

5. Границы геолого-тектонических подразделений. Цифрами в кружках отмечены: 1 – Русская плита ВЕП; 2 – Предуральский прогиб; 3 – Западно-Уральская внешняя зона складчатости и надвигов; 4 – Центральное-Уральское поднятие; 5 – Тагило-Магнитогорский прогиб; 6 – Восточно-Уральское поднятие, 7 – Восточно-Уральский прогиб; 8 – Зауральское поднятие, 9 – Тюменско-Кустанайский прогиб; 10 – Тобольско-Кушмурунское поднятие.

6. Наиболее крупные палеозойские разломы по геологическим данным. Цифрами в прямоугольниках обозначены: 1 – Главный Уральский; 2 – Туринский; 3 – Серовско-Маукский; 4 – Мурзинский; 5 – Магнитогорский (Мелентьевско-Илимбаевский); 6 – Челябинский.

7. Восточная граница кристаллического дорифейского фундамента Русской плиты ВЕП по данным анализа морфологии наблюдаемого аномального магнитного поля.

8. Контуры трансорогенных структур. Цифрами в треугольниках обозначены: 1 – Ханты-Мансийско-Интинская; 2 – Тюменско-Печорская; 3 – Тимано-Кокчетавская; 4 – Архангельско-Балхашская; 5 – Башкиро-Улутавская; 6 – Каратау-Таласо-Ферганская трансорогенные структуры. Зубцы направлены в сторону погруженных блоков.

9. Изоглубины залегания поверхности дорифейского кристаллического фундамента Русской плиты ВЕП в км (Белоконь Т. В., Горбачев В. И., Балашова М. М. *Строение и нефтегазоносность рифейско-вендских отложений востока Русской платформы. Пермь: ИПК «Звезда», 2001. 106 с.*)

10. Предполагаемые по результатам анализа морфологии аномального наблюдаемого магнитного поля зоны деформации дорифейского кристаллического фундамента, которые могут вмещать интрузивные тела основного и ультраосновного состава.

11. Станции сейсмического мониторинга.

12. Участки с приподнятой до глубин 2–5 км поверхностью дорифейского кристаллического фундамента Русской плиты ВЕП. КПВ – Коми-Пермяцкий выступ, АВ – Альметьевский выступ, ОПВ – Орляно-Пилюгинский выступ, КВ – Кунгурский выступ.

13. Участок с погруженной до глубин 6–14 км поверхностью кристаллического дорифейского фундамента Русской плиты ВЕП, представленный Калтасинским авлакогеном.

14. Участки выхода на земную поверхность дислоцированных пород допалеозойского возраста.

15. Участки выхода на земную поверхность дислоцированных пород палеозойского возраста.

16. Область Зауралья, где дислоцированные породы палеозойского возраста перекрыты чехлом континентально-морских песчано-глинистых отложений мезозойско-кайнозойского возраста.

17. Средне-Уральский сейсмодомен – область возможного возникновения очагов землетрясений силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64 в будущем (область ВОЗ). Цифры на изолиниях соответствуют возможным значениям магнитуды землетрясений в будущем в пределах контуров, охватываемых изолиниями.

Восточно-Европейской платформы (ВЕП), имеющей северо-западное направление по азимуту  $320^{\circ}$ – $330^{\circ}$ , и субмеридионального Уральского новейшего орогена (рис. 1).

Приведенные в работах [4, 5] схемы аномального магнитного поля, осредненного с радиусом 125 и 250 км, и скоростей современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) позволяют предположить, что северо-восточная пограничная зона Русской плиты ВЕП на участке своего юго-восточного продолжения перекрывается субмеридиональными структурами Урала и Западно-Сибирской плиты (рис. 1). В этой части рассматриваемой площади пограничная зона проявлена в виде градиентной зоны, разделяющей отрицательную и положительную региональные аномалии магнитного поля северо-западного направления [4, 5]. В поле скоростей СВДЗК пограничная зона также проявлена в виде градиентной зоны северо-западного направления, разделяющей зоны относительно пониженных (замедленных) и увеличенных скоростей погружения земной поверхности, пересекающей Средне-Уральский сегмент Уральского новейшего орогена (рис. 2). К области интерференции градиентной зоны с осевой зоной субмеридионального новейшего Уральского орогена, проявленной в аномальном наблюдаемом магнитном поле в виде субмеридиональной границы, разделяющей области с разным характером морфологии поля (рис. 3) [6], приурочены эпицентры наиболее сильных ощутимых землетрясений центральной части Уральского региона (рис. 1). Можно предположить, что к западу от субмеридиональной границы дорифейский кристаллический фундамент ВЕП практически не деформирован палеозойскими и новейшими тектоническими процессами.

В пределах Средне-Уральской области ВОЗ можно выделить компактные зоны локализации эпицентров ощутимых землетрясений – Добрянский, Серебрянский, Златоуст-Миасс-Кыштымский и Билимбаевский сейсмичные узлы, в которых сосредоточена большая часть ощутимых землетрясений Средне-Уральского сейсмодомена (рис. 1). Концентрация эпицентров наиболее сильных землетрясений в сейсмичных узлах, согласно схемам, приведенным в работах [7, 8], характерна для большей части сейсмичных регионов, и Уральский новейший горный пояс в этом отношении не исключение. Сейсмичные узлы, по-видимому, приурочены к тектоническим узлам, образованным пересечением и сочленением крупных реликтовых зон деформации земной коры, в которых могут происходить процессы, описанные в работах [9, 10]. Серебрянский, Билимбаевский и Златоуст-Миасс-Кыштымский сейсмичные узлы могут быть обусловлены сочленением субмеридиональной пограничной зоны с аномалиеобразующими объектами Пермско-Чусовской, Кунгурской и Манчажской линейных аномалий Верещагинской радиально-лучевой структуры, проявленной в морфологии аномального магнитного поля (рис. 3). Предположительно они могут представлять собой тела основных и ультраосновных пород, внедрившихся в зоны деформации земной коры. На основании того, что самая крупная отрицательная аномалия Верещагинской радиальной структуры соответствует рифейскому Калтасинскому авлакогену, отрицательные аномалии данной радиальной структуры также могут быть обусловлены рифейскими реликтовыми зонами растяжения дорифейского кристаллического фундамента, грабенообразными структурами. Центральная кольцевая часть Верещагинской радиальной структуры, соответствующая северо-западному замыканию рифейского Калтасинского авлакогена, вмещает эпицентр землетрясения 01.07.1908 г. в окрестностях села Б. Соснова, магнитуда которого, согласно [2], оценивается в 2,5.

*Добрянский сейсмичный узел* приурочен к северо-западному склону Пермского выступа кристаллического фундамента, осложненного разломом или

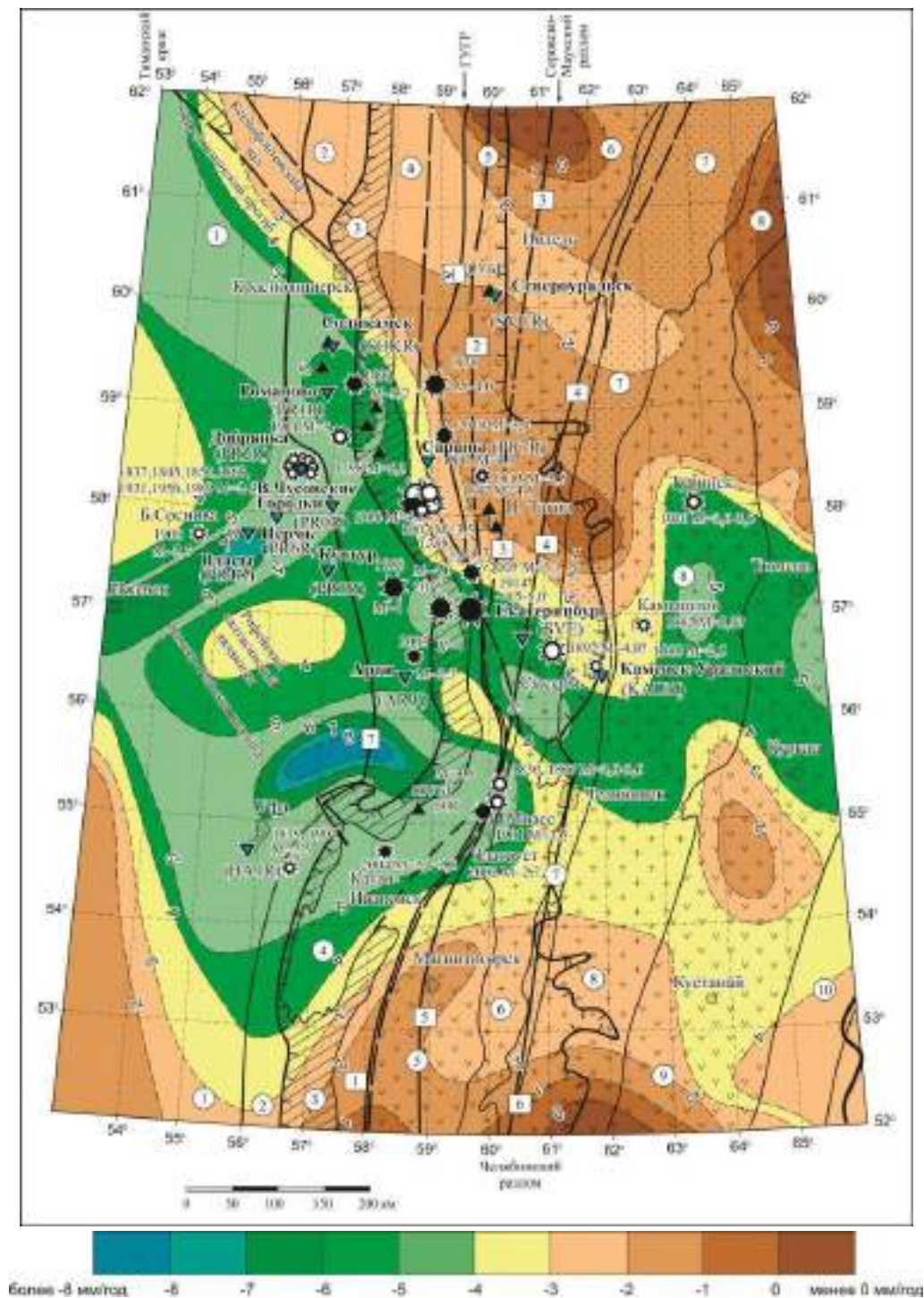


Рис. 2. Схема скоростей современных вертикальных движений земной коры центральной части Уральского региона (в мм в год) с эпицентрами ощутимых землетрясений за период 1788–2017 гг. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2017 г., с использованием данных, отраженных на карте современных вертикальных движений земной коры (на территории СССР, геодезические данные), под ред. Л. А. Кашина, ГУГК СССР, 1989 г. Компьютерная графика Н. В. Арзамасцевой

флексурно-разрывной зоной. Пермский выступ (свод) имеет северо-восточное направление по азимуту  $45^{\circ}$ – $50^{\circ}$ . Глубина залегания поверхности кристаллического фундамента в пределах свода составляет 3,0 км и менее. Узел вмещает очаги ощутимых землетрясений магнитудой 2,0–2,5, произошедших 17.01.1837 г., 19.01.1845 г., в январе 1852 г., 26.05.1867 г., 15.01.1931 г., 16.01.1931 г., 19.01.1931 г., 11.08.1989 г., приуроченных преимущественно к северо-западному склону свода, осложненному разломом или флексурно-разрывной зоной. Не исключено, что часть событий данного узла может быть обусловлена карстовыми провалами в карбонатных породах палеозойского чехла.

*Серебрянский сейсмичный узел* приурочен к участку восточной границы кристаллического фундамента Русской плиты ВЕП в районе пересечения ее проекции на земную поверхность эрозионно-структурной депрессией долины р. Серебрянка – правого притока р. Чусовая. Вмещает эпицентры сейсмических событий 23.05.1798 г., 29.11.1832 г., 27.04.1847 г., 19.09.1902 г., 28.07.1956 г., магнитуда которых оценивается, согласно [2], от 3,0 до 5,3. Эрозионно-структурная депрессия долины р. Серебрянка имеет северо-восточное направление по азимуту около  $60^{\circ}$  и могла развиваться в новейшее время по реликтовой палеозойской зоне деформации верхней части земной коры. Кроме того, в данном узле наблюдается сочленение субширотного аномалиеобразующего тела Пермско-Чусовской положительной магнитной аномалии Верещагинской радиальной структуры с субмеридиональной границей ВЕП и Урала (рис. 1, 3).

*Билимбаевский сейсмичный узел* приурочен к северной части области, названной в работе [11] Средне-Уральским пережимом, разделяющим Северо-Уральский и Южно-Уральский новейшие своды. Не исключено, что образование Средне-Уральского пережима может быть обусловлено палеозойскими сдвиговыми деформациями по участку Главного Уральского разлома (*Главного северо-западного сдвига*, по Е. А. Кузнецову [12]). Эпицентр самого сильного на Урале Билимбаевского землетрясения 17.08.1914 г., магнитуда которого оценивается по инструментальным данным в 4,5–5,0 [2], мог быть приурочен к осевой части либо к ближней зоне геодинамического влияния этой структуры, возможно омоложенной в новейшее время. Кроме эпицентра Билимбаевского землетрясения 17.08.1914 г. узел вмещает эпицентры события 21.09.2005 г. и землетрясения, произошедшего в ночь с 18 на 19 октября 2015 г., магнитуда которых, согласно [13, 14], оценивается как 3,1 и 4,7 (рис. 1). В районе эпицентра Билимбаевского землетрясения 17.08.1914 г. наблюдается сочленение аномалиеобразующего тела Кунгурской положительной магнитной аномалии Верещагинской радиальной структуры с субмеридиональной границей ВЕП и Урала (рис. 1, 3).

*Златоуст-Миасс-Кыштымский сейсмичный узел* располагается в южной части области Средне-Уральского пережима и приурочен к осевой зоне либо к ближней зоне геодинамического влияния Главного Уральского разлома на участке его пересечения с юго-западной пограничной зоной Архангельско-Балхашской трансорогенной структуры. Вмещает эпицентры землетрясений 1836 г., 1837 г., 1901 г. и 2002 г., магнитуда которых составила 2,7–3,5 [2]. Может быть приурочен к зоне сочленения аномалиеобразующего тела южной части Манчажской положительной магнитной аномалии с субмеридиональной границей ВЕП и Урала (рис. 1, 3).

Таким образом, большая часть эпицентров ощутимых землетрясений центральной части Уральского региона локализована в пределах Средне-Уральского сейсмодомена, который можно рассматривать как область возможного редкого возникновения очагов ощутимых землетрясений (область ВОЗ) с магнитудой



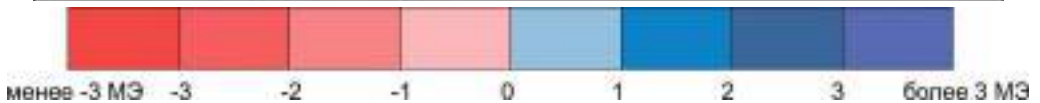
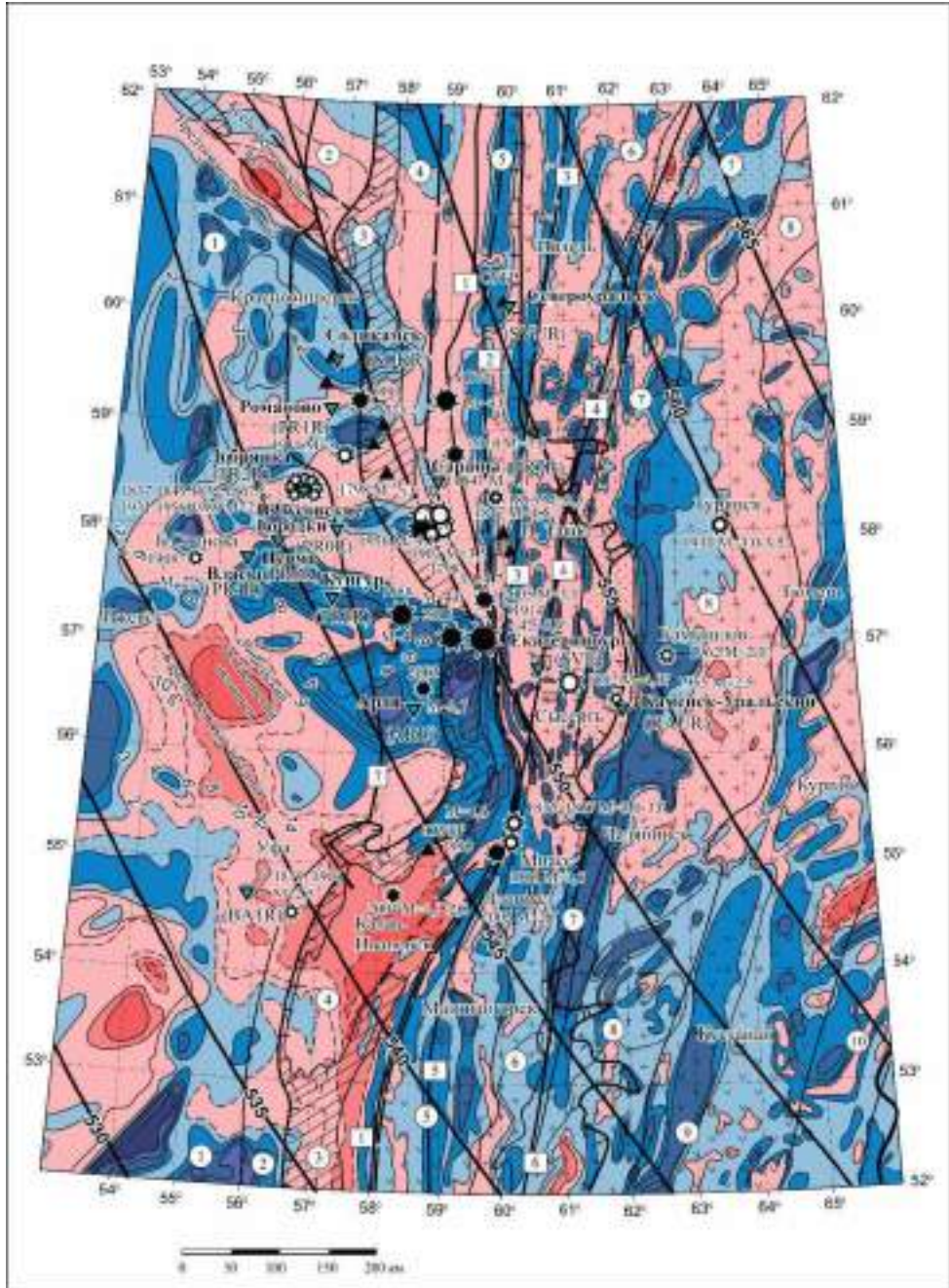


Рис. 3. Схема наблюдаемого аномального магнитного поля центральной части Уральского региона с вынесенными изодинамами нормального магнитного поля (линии с трехзначными цифрами, означающими напряженность поля в миллиэрстедах) и эпицентрами ощутимых землетрясений за период 1788–2017 гг. Составил: А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2017 г., с использованием карты аномального магнитного поля территории СССР масштаба 1 : 2 500 000, ИЗМИРАН, 1982.

Компьютерная графика Н. В. Арзамасцевой

от 2,5–3,0 до 4,5–5,0 и силой сотрясения от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64 в будущем.

Средне-Уральский сейсмодомен приурочен к участку пересечения (интерференции) Уральского новейшего субмеридионального орогена, разделяющего ВЕП и Западно-Сибирскую плиту, и северо-восточной границы Русской плиты ВЕП, имеющей северо-западное направление.

Большая часть эпицентров ощутимых землетрясений в пределах Средне-Уральского сейсмодомена локализована в четырех сейсмичных узлах, в которых выделяется наибольшая часть сейсмической энергии недр центральной части Уральского региона. В пределах этих узлов – Добрянского, Серебрянского, Билимбаевского, Златоуст-Миасс-Кыштымского – и в их окрестностях наиболее вероятно редкое возникновение очагов ощутимых землетрясений с магнитудой от 2,5–3,0 до 4,5–5,0 и силой сотрясения от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64 в будущем. Вероятность возникновения очагов ощутимых землетрясений с магнитудой 4,5–5,0 и силой до 6 баллов по шкале MSK-64 в пределах данной области, согласно [15], приблизительно оценивается как один раз в 80–120 лет. Возникновение более сильных природных сейсмических событий в пределах Средне-Уральского сейсмодомена маловероятно вследствие относительно небольшой амплитуды деформации земной коры Урала в новейшее время и на современном этапе [16].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вейс-Ксенофонтowa З. Г., Попов В. В. К вопросу о сейсмической характеристике Урала // Тр. Сейсмологического института АН СССР, № 104. М.: Изд-во АН СССР, 1940. 12 с.
2. Степанов В. В., Годзиковская А. А., Ломакин В. С. и др. Землетрясения Урала и сильнейшие землетрясения прилегающих территорий Западной Сибири и Восточно-Европейской платформы. М.: ЦСГНЭО, 2002. 135 с.
3. Кашубин С. Н., Дружинин В. С., Гуляев А. Н. и др. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 124 с.
4. Гуляев А. Н. Сейсмичность и сейсмическое районирование Урала // Изв. вузов. Горный журнал. 2016. № 6. С. 116–124.
5. Гуляев А. Н. Сейсмичность Урала и прилегающих территорий // Известия УГГУ. 2016. Вып. 4(44). С. 45–49.
6. Пучков В. Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 279 с.
7. Атлас землетрясений в СССР, результаты наблюдений сети сейсмических станций СССР в 1911–1957 гг. М.: АН СССР, 1962. 336 с.
8. Сейсмическое районирование территории СССР / отв. ред. В. И. Бунэ, Г. П. Горшков. М.: Наука, 1980. 306 с.
9. Осика Д. Г., Черкашин В. И. Энергетика и флюидодинамика сейсмичности. М.: Наука, 2008. 243 с.
10. Ромашов А. Н. Планета Земля: тектонофизика и эволюция. М.: Едиториал УРСС, 2003. 264 с.
11. Копп М. Л. Мобилистическая тектоника платформ Юго-Восточной Европы. М.: Наука, 2005. 339 с.
12. Геология СССР. Т. XII, ч. 1, кн. 2. / под ред. П. И. Аладинского, В. А. Перваго, К. К. Золоева. М.: Недра, 1969. 304 с.
13. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1. Землетрясения / под ред. Н. В. Шарова, А. А. Маловичко, Ю. К. Щукина. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 380 с.
14. Гусева Н. С. Анализ макросейсмических эффектов землетрясения 18 октября 2015 г. на Среднем Урале // XVII Уральская молодежная научная школа по геофизике: сб. матер. Екатеринбург, 2016. С. 74–77.
15. Белоконов Т. В., Горбачев В. И., Балашова М. М. Строение и нефтегазоносность рифейско-венских отложений востока Русской платформы. Пермь: Звезда, 2001. 106 с.
16. Гуляев А. Н. Детальное сейсмическое районирование центральной части Уральского региона // Изв. вузов. Горный журнал. № 6. 2015. С. 103–112.

## AREA OF POSSIBLE GENERATION OF THE FOCUSES OF SENSIBLE EARTHQUAKES IN THE MIDDLE URALS

**Guliaev A. N.** – Institute of Geophysics, the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, the Russian Federation.  
E-mail: usc\_alex@mail.ru

Within the boundaries of the Ural region at the present stage rare sensible earthquakes are recorded with magnitude from 3–4 to 5–6 on the MSK64 scale, which accompany the making of the newest Ural orogen. The majority of the focuses of sensible earthquakes of the region is allocated within the boundaries of the Middle Ural seismodomen, which can be considered as the area of possible generation of the focuses of sensible earthquakes in the future. Seismodomen is timed to area of interference of submeridional Ural mountain belt, which divides the East European Craton (EEC) and West Siberian Plate, and the north-eastern border of the Russian Plate of the East European Craton. Within the boundaries of the Middle Ural seismodomen, four seismocentres are distinguished, they are Dobryansky, Serebryansky, Bilimbaevsky and Zlatoust-Miass-Kyshymy, where the most part of sensible earthquakes focuses is located, and consequently, the most part of seismic energy of bowels in the region. The generation of the focuses of the strongest (with magnitude from 4.5 to 5.0) sensible earthquakes in 1788–2017 was registered within Serebryansky and Bilimbaevsky seismocentres, situated in the central part of the Middle Ural seismodomen, timed to the interference area of geodynamic influence of the Main Ural Fault and the north-western boundary zone of the Russian Plate of the East European Craton. The possibility of generation of the focuses of sensible earthquakes with magnitude from 4.5 to 5.0 and with 6 points strength on the MSK-64 scale within the boundaries of the given region is roughly rated as once in 80–120 years.

**Key words:** the newest orogen; earthquake activity; focuses of sensible earthquakes; seismocentres; the area of possible generation of the focuses of sensible earthquake.

### REFERENCES

1. Veis-Ksenofontova Z. G., Popov V. V. *K voprosu o seismicheskoi kharakteristike Urala* [Regarding the problem of seismic characteristics of the Urals]. *Trudy Seismologich. in-ta AN SSSR* [Proc. of Seismological Institute of AS USSR]. 1940, no. 104. 12 p. (In Russ.)
2. Stepanov V. V., Godzikovskaia A. A., Lomakin V. S., and others. *Zemletriaseniia Urala i sil'neishie zemletriaseniia priliegaiushchikh territorii Zapadnoi Sibiri i Vostochno-Evropeiskoi platformy* [Earthquakes of the Urals and the strongest earthquakes of adjoining territories of Western Siberia and Western European platform]. Moscow, TsSGNEO Publ., 2002. 135 p.
3. Kashubin S. N., Druzhinin V. S., Guliaev A. N., and others. *Seismichnost' i seismicheskoe raionirovanie Ural'skogo regiona* [Earthquake activity and seismic zoning of the Urals]. Ekaterinburg, UB RAS Publ., 2001. 124 p.
4. Guliaev A. N. [Earthquake activity and seismic zoning of the Urals]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2016, no. 6, pp. 116–124. (In Russ.)
5. Guliaev A. N. [Earthquake activity in the Urals and surrounding area]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta – News of the Ural State Mining University*, 2016, issue 4(44), pp. 45–49. (In Russ.)
6. Puchkov V. N. *Geologiya Urala i Priural'ia (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* [Geology of the Urals and Cis-Urals (up-to-date issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa, DizainPoligrafServis Publ., 2010. 279 p.
7. Atlas of earthquakes in the USSR, observational results of the network of seismic stations of the USSR in 1911–1957. Moscow, AS USSR Publ., 1962. 336 p. (In Russ.)
8. *Seismicheskoe raionirovanie territorii SSSR. Otv. red. V. I. Bune, G. P. Gorshkov* [Seismic zoning of USSR territory. Edited by V. I. Bune, G. P. Gorshkov]. Moscow, Nauka Publ., 1980. 306 p.
9. Osika D. G., Cherkashin V. I. *Energetika i fluidodinamika seismichnosti* [Energetics and fluid dynamics of the earthquake activity]. Moscow, Nauka Publ., 2008. 243 p.
10. Romashov A. N. *Planeta Zemlia: tektonofizika i evolutsiia* [Planet Earth. Tectonophysics and evolution]. Moscow, Editorial URSS Publ., 2003. 264 p.
11. Kopp M. L. *Mobilisticheskaia tektonika platform Iugo-Vostochnoi Evropy* [Mobilistic tectonics of the South-Eastern Europe plates]. Moscow, Nauka Publ., 2005. 339 p.
12. *Geologiya SSSR. Pod red. P. I. Aladinskogo, V. A. Pervago, K. K. Zoloeva* [USSR geology. Edited by P. I. Aladinskii, V. A. Pervago, K. K. Zoloev]. Moscow, Nedra Publ., 1969. Vol. XIII. Pt. 1. Book 2. 304 p.
13. *Zemletriaseniia i mikroseismichnost' v zadachakh sovremennoi geodinamiki Vostochno-Evropeiskoi platformy. Kn. 1. Zemletriaseniia. Pod red. N. V. Sharova, A. A. Malovichko, Iu. K. Shchukina* [Earthquakes and micro earthquake activity within the problems of modern geodynamics of Western European platform. Book 1. Earthquakes. Edited by N. V. Sharov, A. A. Malovichko, Iu. K. Shchukin]. Petrozavodsk, 2007. 380 p. (In Russ.)
14. Guseva N. S. [The analysis of macro seismic effects of the earthquake of the 18th October 2015 at the Middle Urals]. *XVII Ural'skaia molodezhnaia nauchnaia shkola po geofizike: sb. mater.* [Proc. XVIIth youth scientific school of geophysics]. Ekaterinburg, 2016, pp. 74–77. (In Russ.)
15. Belokon' T. V., Gorbachev V. I., Balashova M. M. *Stroeniie i neftegazonosnost' rifeisko-vendских otlozhenii vostoka Russkoi platformy* [Structure and oil-and-gas content of Riphean-Vendian deposits of the east of the Russian Platform]. Perm, Zvezda Publ., 2001. 106 p.
16. Guliaev A. N. [Detailed seismic zoning of the Urals central part]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2015, no. 6, pp. 103–112. (In Russ.)

---

---

**Р е д а к ц и я**  
Главный редактор М. В. Корнилков  
Зам. главного редактора О. Г. Латышев, М. Г. Бабенко  
Ответственный секретарь Л. А. Решеткина  
Редакторы Л. Г. Соколова, А. А. Зайкова

Перевод И. В. Шайхутдиновой

Компьютерная верстка Ю. Б. Швецово́й

---

**Подп. в печать 15.09.2017. Дата выхода в свет 28.09.2017**  
**Формат 70 x 108 1/16. Печать офсетная**  
**10,2 усл. печ. л., 9,2 уч.-изд. л. Тираж 500 экз. Заказ 6008**  
**Цена свободная**

**Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-57227 от 12.03.2014**

**Редакция «Изв. вузов. Горный журнал»**  
**620144, г. Екатеринбург, ГСП, ул. Куйбышева, 30, тел.(факс) (343) 257-65-59**  
**E-mail: [gornij\\_journal@ursmu.ru](mailto:gornij_journal@ursmu.ru)**  
**<http://mj.ursmu.ru>**

**Типография ООО «Издательство УМЦ УПИ»**  
**620078, г. Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2**





Индекс 70367

ISSN 0536-1028. Известия высших учебных заведений. Горный журнал, № 6, 2017.