

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА БЛОЧНЫЙ КАМЕНЬ

С. Я. Соколов<sup>1</sup>, А. А. Семёнов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Карельский научный центра РАН, Петрозаводск, Россия

**Аннотация:** До 2010 г. на стадии разведки и эксплуатации месторождений строительных материалов, в том числе и блочного камня, геофизические методы в России использовались эпизодически. За последнее десятилетие эта ситуация изменилась. В статье показаны возможности разбраковки гранитоидных массивов, являющихся основным источником блочного декоративно-облицовочного сырья по качеству, степени выветривания и тектонической проработки, по мощности рыхлых образований и скальной вскрыши с помощью геолого-геофизических методов. Методика создана на основе тесного научно-производственного сотрудничества геофизиков Института геологии Карельского научного центра РАН и геологов Горного управления ПО «Возрождение». Методика апробирована в 2016–2020 гг. на стадиях поисков, разведки и эксплуатации месторождений облицовочного камня в Карелии – изучено пять месторождений и три участка недр. В 2018 и 2019 гг. аналогичные работы проводились на Вандышевском и Султаевском гранитных массивах Южного Урала, изучено четыре участка. Приведенная методика позволяет более объективно оценивать участки недр в объёме и рационально использовать бурение. При этом она позволяет получать более достоверную оценку запасов. Кроме того, показана возможность комплексного использования пород изучаемых массивов облицовочного камня и щебня. Рекомендуется использование этого опыта в указанных и в других регионах России.

**Ключевые слова:** блочный камень, прогнозные ресурсы, объемное изучение массива геофизическими методами, электротомография, магниторазведка, рентабельность производства.

**Благодарность:** Работа выполнена в рамках темы НИР АААА-А18–118020290086–1.

**Для цитирования:** Соколов С. Я., Семёнов А. А. Повышение эффективности геологоразведочных работ на блочный камень // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 5–1. – С. 152–161. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_51\_0\_152.

### Increasing efficiency of geological exploration for dimension stone

S. Ya. Sokolov<sup>1</sup>, A. A. Semenov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

**Abstract:** Until 2010, geophysical methods were occasionally used in Russia when prospecting and quarrying building stone (dimension stone etc.) deposits. This approach has changed in the past decade. In the present paper, the authors show how to determine the granitoid massifs quality, degree of weathering and tectonics impact across the thickness of incoherent strata and

strong overburden of granitoid massifs, a major source of ornamental and facing stone, using geologo-geophysical methods. Our methods were developed on the basis of close scientific and technological cooperation between geophysicists of the Institute of Geology at the Karelian Research Center, RAS, and geologists of the Mining Directorate at Vozrozhdenie Production Association. In 2016–2020, the methods were tested in prospecting and quarrying dimension stone deposits in Russian Karelia. Five deposits and three subsoil areas were studied. In 2018–2019, the similar studies were conducted at Vandyshevo and Sultaevo granitic massifs in the Southern Urals. Four subsoil areas were studied. The described procedure enables more objective appraisal and efficient drilling. Available stone reserves are accurately estimated. In addition, the authors show the feasibility of integrated use of rocks from the massifs in production of dimension stone and crushed stone. The procedure is recommended for application in the above mentioned and other areas of Russia.

**Key words:** dimension stone, predicted resources, volumetric study of rock mass by geophysical methods, electrotomography, magnetometer survey, production profitability.

**Acknowledgements:** The work was carried out within the framework of R&D Topic No. AAAA-A18-118020290086-1.

**For citation:** Sokolov S. Ya., Semenov A. A. Increasing efficiency of geological exploration for dimension stone. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(5–1):152–161. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_51\_0\_152.

## Введение

На сегодняшний день Россия выпускает менее 1 % мирового объема продукции из природного камня, а доля Республики Карелия в общероссийской добыче довольно высока и составляет около 20 %, и есть потенциал для роста.

Согласно данным отчетного баланса запасов природных облицовочных камней, на 01.01.2018 г. в Республике Карелия имелось 59 разрабатываемых и подготавливаемых к отработке месторождений с суммарными запасами 135,885 млн м<sup>3</sup> промышленных категорий А+В+С<sub>1</sub> и 81,498 млн м<sup>3</sup> категории С<sub>2</sub>.

Кроме того, государственный резерв Республики (нераспределенный фонд) состоит из 37 месторождений с суммарными запасами 79,674 млн м<sup>3</sup> промышленных категорий А+В+С<sub>1</sub> и 81,498 млн м<sup>3</sup> категории С<sub>2</sub>.

Ежегодно к освоению подготавливаются дополнительно от 2 до 3 месторождений. Отмечается рост объемов добычи облицовочного минерального сырья (2015 г. — 495 тыс. м<sup>3</sup>, 2016 г. — 727 тыс. м<sup>3</sup>, 2017 г. — 927 тыс. м<sup>3</sup>). Рост

добычи блоков и их переработка идет в основном за счет отдельных ранее разведанных и давно освоенных месторождений. За последние два десятилетия не достигнуто значимых успехов в выявлении и разведке новых, экономически целесообразных для освоения месторождений блочного камня.

Достоверность сведений о блочных месторождениях при указанном количестве поставленных на баланс запасов очень низкая. Ревизионными работами геологов Горного управления ПО «Возрождение» и другими недропользователями Республики Карелия устанавливается, что материалы ранее выполненной геологической оценки и разведки по многим месторождениям, запасы которых стоят на государственном балансе, не всегда можно использовать при получении лицензии на разработку месторождения блочного камня, поскольку данные о качестве сырья часто не соответствуют реальности.

Так следует относиться к балансовым и государственным резервным запасам Республики Карелии. Только

около четверти объектов, составляющих минерально-сырьевую базу облицовочного камня Республики, находятся в отработке, из них всего девять предприятий из 59 вносят основную долю добычи, имея производительность по горной массе от 10 до 86 тыс. м<sup>3</sup> в год при выходе блоков от 8 до 25 %. Основная причина такого слабого освоения кроется, несомненно, не только в слабом развитии камнедобывающей отрасли, но и в геолого-экономических показателях оцененных и разведанных месторождений.

В последние три года геолого-геофизические исследования на блочный камень проводились как в Северо-Западном ФО (выборгские граниты), так и на территории Южного Урала — Вандышевском (2018 г.) и Султаевском (2019 г.) гранитных массивах. Изучено четыре участка недр.

Выбор геофизических методов для изучения участков недр

Исходя из имеющихся литературных данных по строению массивов гранитов, а также из результатов предшествующих работ на месторождениях гранитов в Карелии, Ленинградской области [1,2], на Урале был применен комплекс геофизических методов:

– метод магниторазведки (высокопроизводительный метод, позволяющий выявлять и трассировать зоны тектонических нарушений и в первом приближении судить об общей степени раздробленности массива).

– электроразведка методом сопротивления в модификации электротомографии (метод, позволяющий изучать геоэлектрический разрез на требуемую глубину с достаточной степенью детальности, при этом оценивать раздробленность пород массива в объёме по горизонтам).

В комплексе эти методы информативно взаимно дополняют друг друга,

повышают эффективность геологоразведочных работ и позволяют решать поставленные задачи [3]. В условиях расчлененного рельефа для больших массивов горных пород перед началом поисков на блочный камень рекомендуется проводить работы по созданию карт мега- и макротрещиноватости. К примеру, для Салминского массива гранитов рапакиви и габбродолеритов Другорецкого сила Шековым В. А. и Ивановым А. А. созданы карты мега- и макротрещиноватости [4, 5].

Ниже рассмотрены методика и результаты применения указанного комплекса на одном из участков недр Южного Урала в северной части Султаевского массива (условное название — «Участок», общая площадь 177 га).

Последовательность выполнения и распределения объемов геолого-геофизических работ на Участке была следующая:

1. В результате предполевых камеральных работ произведено выявление тектонических нарушений с использованием топографического плана масштаба 1:2000.

2. Магнитной съемкой по сети 100×2 м покрыта вся площадь, а результаты вынесены на план аномального поля ΔТ. В результате интерпретации выявлены несколько тектонических нарушений и предварительно определена наиболее перспективная часть участка на блочный камень для последующего изучения однородности и трещиноватости массива и мощности вскрыши (рыхлой и скальной) методом сопротивления.

3. Изучение участка методом электрического сопротивления началось на трёх профилях, полностью пересекающих площадь с северо-запада на юго-восток с выходом их за контур лицензионной площади, для обеспечения глубины исследований на границах

участка. Измерения сопротивлений горных пород проводились в следующей последовательности по редкой сети на профилях № 3, № 6, № 9. При этом были выявлены повышенные значения сопротивления и соответствующие им относительные положительные аномалии магнитного поля, что позволило наметить западную границу детального изучения участка и совместно с заказчиком определить точку заложения скважины № 1. Геологический разрез скважины подтвердил выводы о строении массива на данной территории и правильность постановки геолого-геофизических работ.

В последующем на предполагаемом перспективном участке сеть электротомографических исследований была сгущена до 100×5 м. Геофизические работы несколько опережали бурение, что положительно сказалось на правильности определения заложения мест остальных скважин.

4. После проведения полевых работ проводилось обобщение и интерпретация собранного материала и подготовка материала к проведению этапа разведочных работ.

### **Магниторазведка**

Магниторазведочные работы проведены с использованием двух протонных магнитометров «МИНИМАГ». Для исключения дневных вариаций магнитного поля использовались данные вариационной станции, установленной на исследуемом участке за зоной влияния техногенных помех. Дискретность записи вариаций составляла 10 с. Контрольные измерения полевых наблюдений произведены в объеме 12,5 % от общего количества измерений. Погрешность составила  $\pm 4,1$  нТл.

Пешеходная магнитная съемка осуществлялась по системе параллельных профилей, расположенных на рас-

стоянии 100 м друг от друга с шагом 2 м, ориентированных с северо-запада на юго-восток, вкрест простирания предполагаемых основных зон тектонических нарушений. Профили на 25 м заходили за границы лицензионной площади (примерно на 1/4 от расстояния между профилями), т. к. при обработке программа на границе изучаемой площади экстраполирует данные во внешнее пространство.

### **Электроразведка методом сопротивлений**

Электротомографические исследования на участке недр проводились с использованием аппаратуры «Скала-48» с двумя 24-х электродными косами, с шагом между электродами 5 м. Измерения сопротивления выполнены встречными трехэлектродными установками. Данный тип установки, чувствительный к вертикальным неоднородностям, позволил достичь глубины зондирования 40 м. Для обеспечения необходимой глубины исследований по всей лицензионной площади, в том числе и у её границы, необходим выход установки за границы участка на 70 м. Сопротивление пород в модельных разрезах представлено ячейками 2 м по вертикали и 2,5 м по горизонтали (до относительной глубины 40 м от поверхности). В связи с тем, что сопротивление гранитов и рыхлых отложений на участке изменяется на несколько порядков, электротомографические разрезы представлены в логарифмическом масштабе.

На рис. 1 показано, что аномалии магнитного поля на профиле находят отражение и в геоэлектрическом разрезе в виде зон пониженного сопротивления. При совместном рассмотрении геофизических параметров с геологическими разрезами скважин появляется возможность разделять сырьё по качеству.

Анализ данных электротомографии в точках бурения позволил присвоить отдельным слоям месторождения определенные значения электросопротивлений ( $\rho$ ), а именно:

-рыхлые четвертичные породы — от 0 до 600—2500 Ом·м (в среднем до 1250 Ом·м);

-выветрелые сильно трещиноватые граниты — от 600 до 1300—5000 Ом·м (в среднем до 2000 Ом·м);

-значительно трещиноватые граниты, пригодные для получения плитняка- 2000—6300 Ом·м (в среднем до 4000 Ом·м);

-умеренно трещиноватые граниты, пригодные для получения блоков — более 2500—10000 Ом·м (в среднем — более 4000 Ом·м);

-более 10000 Ом·м — слабо трещиноватые породы.

Приведенная на рис. 2 комплексная схема интерпретации геофизических полей позволяет проследить оси тектонических нарушений на исследуемом участке, оконтурить участки, наиболее перспективные на блочный камень, и провести расчленение скальной вскрыши по степени раздробленности пород. Намеченные контуры были заверены колонковым бурением по всей площади исследования. Остальная площадь лицензионного участка может быть использована для организации щебеночного производства.

Сравнение геолого-геофизических работ на блочный камень в России с публикациями финских исследователей [6—8] показало, что основное отличие состоит в том, что на стадии поисков за рубежом используется низкозаятная высокоточная аэромагнитная съемка, метод вызванной поляризации, а на поисково-оценочной стадии полностью снимаются рыхлые образования на участке, остатки смываются водой, все зоны трещиноватости доку-

ментируются с помощью GPS, что дает объективную детальную картину трещиноватости массива.

Кроме того, на сглаженных площадных выходах гранитоидов применяют георадарное профилирование с целью выявления субгоризонтальных зон тектонических нарушений и зон выветривания [7—9]. Российские и финские геологи регулярно обмениваются информацией по проблемам эффективного использования природного камня — гранит, тальк-карбонатные породы и др. [10].

Поисково-оценочные работы подобного типа можно проводить как при поисках месторождений блочного камня, так и при их эксплуатации в случае осложнений при отработке горизонтов. На месторождениях с развитой системой трещин при переоценке запасов необходимо пользоваться последними разработками методик оценки массивов для повышения процентного выхода блоков путем оптимизации размеров отделяемых монолитов [11].

Изучение геологических разрезов геолого-геофизическими методами в районах как существующих горнодобывающих предприятий (низкорентабельных, нестабильно работающих на неподтвержденных запасах), так и проектируемых на блочный камень и щебень, показало сложное геотектоническое строение осваиваемых массивов, преобразованное дополнительно различными вторичными процессами, отрицательно влияющими на физические параметры сырья [2]. Площадные геофизические исследования, проведенные в течение трех полевых сезонов, доказали, что при правильной технологии отработки карьер на щебень, работающий рядом с карьером на блочный камень, не будет оказывать существенного влияния на качество блочного природного камня. Это подтверждено

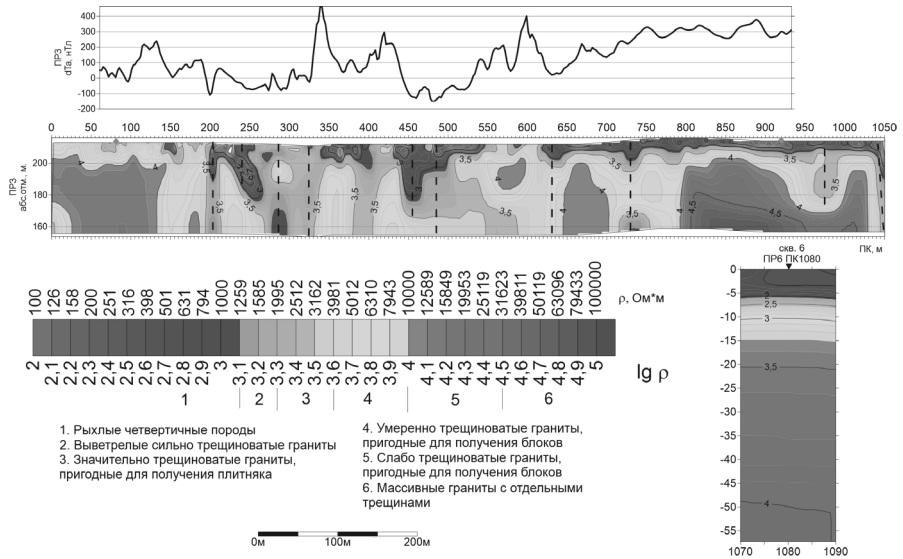


Рис. 1. График аномального магнитного поля и электротомографический разрез по профилю 3

Fig. 1. The graph of the anomalous magnetic field and the electrotomographic section along the profile 3

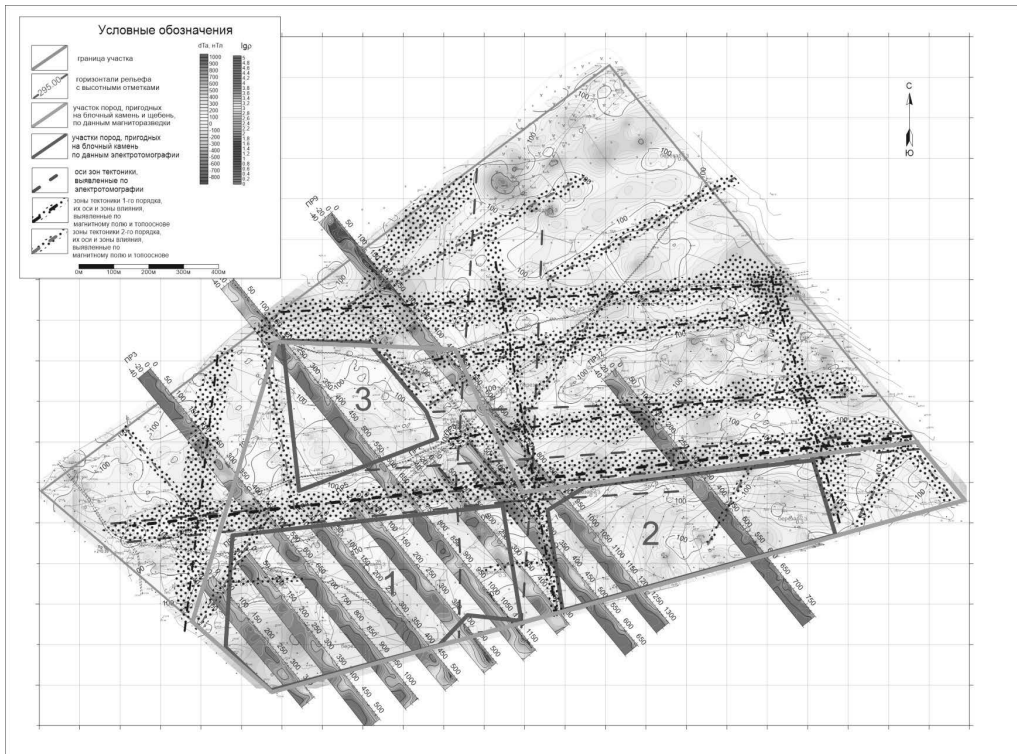


Рис. 2. Комплексная схема интерпретации геофизических полей на участке недр

Fig. 2. Complex scheme of interpretation of geophysical fields in the subsurface area

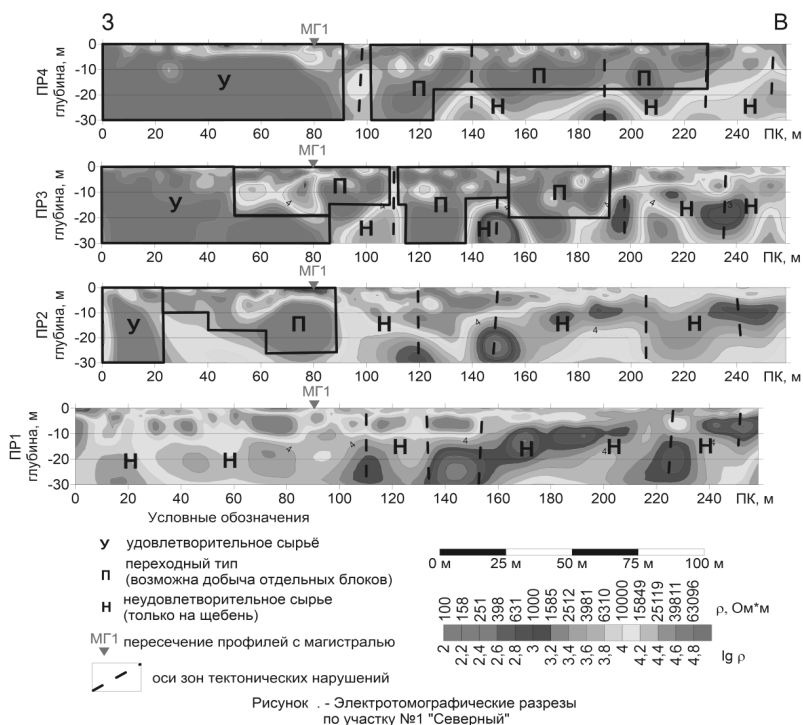


Рис. 3. Электротомографические разрезы участка «Северный»

Fig. 3. Electrotomographic sections of the «Northern» section

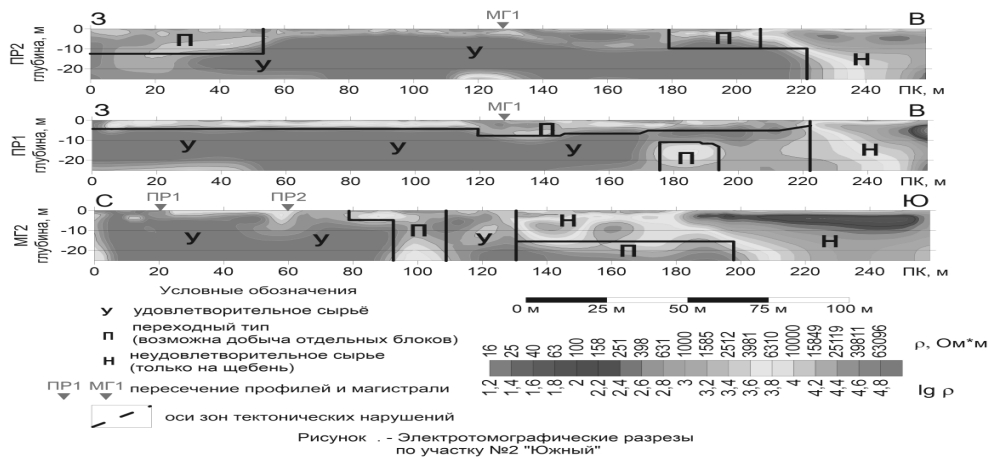


Рис. 4. Электротомографические разрезы участка «Южный»

Fig. 4. Electrotomographic sections of the Southern section

работами 2018 г. на месторождениях Большой массив (щебень-гранит) и Восход (блочный камень-габбро) в Пудожском районе Республики

Карелия, 2019 г. — на месторождении Каменногорское (щебень-гранит) и Пурга (блочный камень — гранит) в Ленинградской области.

В 2020 г. это явилось предпосылкой для постановки геофизических исследований на действующем щебеночном карьере в Лахденпохском районе РК с целью выявления участка, перспективного на блочный камень, в пределах лицензионной площади. Геологами предложены для рекогносцировочных геофизических работ (магниторазведка, электротомография) три участка размерами 250×200 м: «Северный», «Центральный» и «Южный».

На рис. 3 показаны электротомографические разрезы различных по качеству гранитов участка «Северный». Сырьё пригодно только для производства щебня. Объемы блочного камня весьма малы. На участке «Центральный», по геофизическим данным, также нет блочного сырья.

Из трех изученных участков только один, — «Южный» (рис. 4), — рекомендован к освоению. Сырьё соответствует по качеству и объёму для организации производства облицовочного камня.

### **Заключение**

Комплексное геолого-геофизическое изучение объектов строительных материалов на различных стадиях поисков, оценки, разведки и эксплуатации месторождений позволяет более эффективно оценить участок по объёму и качеству сырья.

При поисково-оценочных работах на строительный камень необходим всесторонний подход для оценки потенциала массива, исходя не только

из потребностей в одном виде сырья, например, облицовочного камня, но и комплексного использования скальной вскрыши, некондиционных блоков, окола от производства блоков, пород из зон тектонических нарушений для производства бутового камня, шашки, щебня различных фракций, песка, т. е. надо стремиться к безотходному производству. Это позволит не только повысить рентабельность работы карьера, но и значительно уменьшить ущерб, наносимый природе, а затраты на рекультивацию земель будут ниже.

В дальнейшем, при освоении месторождения, имея детально изученный участок, проектировщикам карьеров будет намного легче планировать размещение карьера, склада готовой продукции, технической зоны и прочей инфраструктуры горнодобывающего предприятия.

В результате геолого-геофизических работ на блочный камень с 2006 по 2020 гг. (9 месторождений и 7 участков недр) мы пришли к выводу, что для объективной оценки участков недр на блочный камень в проекты геолого-разведочных работ надо включать геофизические исследования как на стадии поисков, так и при переоценочных работах на действующих месторождениях. В связи с этим необходимо внести изменения в «Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» [12].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Соколов С. Я., Рязанцев П. А., Климовский А. В., Нилов М. Ю. Геофизические методы изучения природной толщи на объектах облицовочного камня. // Горный журнал. №5 — 2011. С. 15 — 19
2. Соколов С. Я. Климовский А. В. Кузьминых Е. Н. Состояние вопроса о геолого-геофизических методах при поисках, оценке и разведке блочного камня. // Добыча, обработка и применение природного камня // Сборник научных трудов №16 по резуль-



татам международной технической конференции — Магнитогорск, МГТУ, 2016. — с. 35 — 58.

3. Соколов С. Я. Климовский А. В. Кузьминых Е. Н. Возможности геофизических методов при эксплуатационной разведке месторождений блочного камня на примере месторождения граносиенитов Балтийское // Строительный камень: от геологии до архитектуры. Петрозаводск. КарНЦ РАН-2015, с. 70 — 77.

4. Шеков В. А., Иванов А. А. Теория «разгруженного массива». // Строительный камень: от геологии до архитектуры. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 2015. с. 48 — 58

5. Ivanov, A. Method for assessment of the monolithic pattern of a massif by analysis of macro — and microfracturing of igneous rocks / A. Ivanov, V. Shekov, O. Myasnikova // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018: Conference proceedings, Albena, Bulgaria, 02 — 08 July 2018. p. 229 — 236.

6. Harma, P. 2020. Natural stone exploration in the classic Wiborg rapakivi granite batholith of southeastern Finland — new insights from integration of lithological, geophysical and structural data. Geological Survey of Finland, Bulletin 411. [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt\\_411.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt_411.pdf) (03.03.2021)

7. Luodes, H. 2015. Ground penetrating radar and assessment of natural stone. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 223. 46 p. [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr\\_223.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_223.pdf) (03.03.2021)

8. Huotari, T. et al., Geophysical measurements in a natural stone prospect in the Wiborg rapakivi granite batholiths // GTK Open File Work Report 84/2018. 44 p. ([http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/84\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/84_2018.pdf)) (03.03.2021)

9. Данильев С. М. и др. Исследование трещиноватости на месторождении облицовочного камня с привлечением метода георадиолокации. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 9. с. 140 — 145.

10. Harma, P., Luodes, N., Pirinen, H. & Selonen, O. Цели и результаты проекта «Эффективное использование природного камня в Ленинградской области и Юго-Восточной Финляндии» в программе Европейского Союза «Приграничное сотрудничество и партнерство». Строительный камень: от геологии до архитектуры. г. Петрозаводск, 2015, с. 35 — 41

11. Першин Г. Д., Уляков М. С. Методика расчета рациональных параметров отделяемых монолитов камня при разработке месторождений со сложным залеганием природных трещин в массиве // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2015. №8 с. 1032 — 1039

12. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Строительный и облицовочный камень. Москва, 2007 (<http://gkz-rf.ru/tverdye-poleznye-iskopaemye>). **ГИАБ**

## REFERENCES

1. Sokolov S.Ya., Ryazantsev P. A., Klimovsky A. V., Nilov M.Yu. Geophysical method for the study of a natural rock sequence at dimension stone deposits. *Gorny zhurnal*. no. 5. 2011. pp. 15 — 19 [In Russ]

2. Sokolov S.Ya. Klimovsky A. V. Kuzminykh E. N. *Sostoyanie voprosa o geologo-geofizicheskikh metodah pri poiskah, ocenke i razvedke blochnogo kamnya* [On the use of geologo-geophysical methods for prospecting, appraisal and exploration of dimension stone deposit]. Quarrying, processing and application of dimension stone. Proceedings of an international technological conference. Magnitogorsk, MG TU. Vol. 16 . 2016. pp. 35 — 58. [In Russ]

3. Sokolov S.Ya. Klimovsky A. V. Kuzminykh E. N. *Vozmozhnosti geofizicheskikh metodov pri ekspluatatsionnoj razvedke mestorozhdenij blochnogo kamnya na primere mestorozhdeniya granosienitov Baltijskoe* [Potential of geophysical methods for the quarrying survey of dimension stone deposits (case study of Baltiyskoye granosyenite

deposit. Building stone: from geology to architecture]. Petrozavodsk. KarRC, RAS. 2015, pp. 70–77. [In Russ]

4. Shekov V. A., Ivanov A. A. *Teoriya «razgruzhennogo massiva»* [“Unloaded massif” theory]. Building stone: from geology to architecture. Petrozavodsk. KarRC, RAS. 2015. pp. 48–58 [In Russ]

5. Ivanov A., Shekov V., Myasnikova O. Method for assessment of the monolithic pattern of a massif by analysis of macro- and microfracturing of igneous rocks. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018: Conference proceedings, Albena, Bulgaria, 02–08 July 2018. p. 229–236.

6. Harma, P. 2020. Natural stone exploration in the classic Wiborg rapakivi granite batholith of southeastern Finland new insights from integration of lithological, geophysical and structural data. *Geological Survey of Finland, Bulletin 411*. [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt\\_411.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt_411.pdf) (03.03.2021).

7. Luodes, H. 2015. Ground penetrating radar and assessment of natural stone. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 223. 46 p. [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr\\_223.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_223.pdf) (03.03.2021).

8. Huotari, T. et al., Geophysical measurements in a natural stone prospect in the Wiborg rapakivi granite batholiths. GTK Open File Work Report 84/2018. 44 p. ([http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/84\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/84_2018.pdf)) (03.03.2021).

9. Danilyev S. M. et al. Study of fracturing at a facing stone deposit using the georadiolocation method. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2020. V. 331. no. 9. pp. 140–145. [In Russ]

10. Harma, P., Luodes, N., Pirinen, H. & Selonen, O. *Celi i rezul'taty proekta «Effektivnoe ispol'zovanie prirodnogo kamnya v Leningradskoj oblasti i Yugo-Vostochnoj Finlyandii» v programme Evropejskogo Soyuza «Prigranichnoe sotrudnichestvo i partnerstvo»* [Goals and results of the Project «Efficient use of dimension stone in the Leningrad Region and Southeastern Finland” in the EU Programme «Trans-border cooperation and partnership»]. Building stone: from geology to architecture. Petrozavodsk, 2015, pp. 35–41 [In Russ]

11. Pershin G. D., Ulyakov M. S. A method for calculating the rational parameters of cut-off stone monoliths upon quarrying deposits with the complex mode of occurrence of natural fractures in a massif. *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii*. 2015. no.8. P. 1032–1039 [In Russ]

12. *Metodicheskie rekomendacii po primeneniyu Klassifikacii zapasov mestorozhdenij i prognoznyh resursov tverdyh poleznyh iskopaemyh. Stroitel'nyj i oblicovochnyj kamen'* [Recommended methods for the use of the Classification of the solid mineral reserves and predicted resources of deposits. Building and facig stones]. Moscow, 2007 (<http://gkz-rf.ru/tverdye-poleznye-iskopaemye>). [In Russ]

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Соколов Светослав Яковлевич<sup>1</sup> – научный сотрудник, e-mail: svetsokolov@gmail.com;

Семёнов Андрей Андреевич<sup>1</sup> – старший инженер, e-mail: a7emenov@yandex.ru;

<sup>1</sup> Институт геологии Карельского научного центра РАН, 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11, тел. +7 (8142) 782753,

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sokolov S. Ya.<sup>1</sup>, Researcher, e-mail: svetsokolov@gmail.com;

Semenov A. A.<sup>1</sup>, Chief Engineer, e-mail: a7emenov@yandex.ru;

<sup>1</sup> Institute of Geology, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia.

Получена редакцией 27.01.2021; получена после рецензии 02.04.2021; принята к печати 10.04.2021.

Received by the editors 27.01.2021; received after the review 02.04.2021; accepted for printing 10.04.2021.