

## ПЕРСПЕКТИВЫ КАРЕЛЬСКИХ ОБЪЕКТОВ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОРРЕКТИРУЮЩИХ ДОБАВОК К ЦЕМЕНТНОЙ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ МЕРГЕЛЕЙ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

*Фролов П. В., Мясникова О. В., Савицкий А. И.*

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск*

На территории Российской Федерации запасы цементного сырья распространены неравномерно, до 66% общероссийских промышленных запасов маломagneзиального карбонатного сырья сосредоточены в европейской части страны. При этом в Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) утверждены запасы 13 месторождений, что составляет 3.8% от общероссийских. На 01.01.2015 г. балансовые запасы в СЗФО по категории А+В+С<sub>1</sub> составили 671 млн т, по С<sub>2</sub> – 585 млн т [3].

Основными нерудными материалами для производства портландцемента являются широко распространенные в природе осадочные известняковые горные породы с высоким содержанием углекислого кальция (CaCO<sub>3</sub>) и глинистые породы с высоким содержанием кремнезема (SiO<sub>2</sub>), глинозема (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и окиси железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Решение вопроса о пригодности сырьевых материалов для изготовления портландцемента и о выборе способа производства принимается на основе всестороннего изучения химического и минералогического составов сырья и исследования его физико-механических свойств.

### **Объект цементного сырья «Бабино»**

Цель исследования – независимая оценка пригодности минерального сырья участка «Бабино» для производства портландцемента. Дополнительные геологоразведочные работы по объекту проводились авторами в 2014 году по заказу ООО «Геомарксервис» (Петрозаводск) для немецкой компании «Хайдельбергцемент» [6].

Участок «Бабино» расположен в Тосненском районе Ленинградской области, в 100 км на юго-

восток от г. Санкт-Петербурга, в 55 км от районного центра Тосно, в 8 км к югу от железнодорожной станции Бабино. В 5 км к юго-западу, в пос. Зуево Чудовского района Новгородской области, построен Бабиновский цементный завод.

Ранее поиски и разведка цементного сырья в восточной части Тосненского района Ленинградской области проводились в 1929 г. и в последующие годы.

В 2009 г. ГКЗ Роснедра (протокол № 2018 от 23.09.2009) были утверждены для условий открытой разработки балансовые запасы Бабиновского месторождения [5]:

– мергели: кат. В – 39 473 тыс. т, кат. С1 – 33175 тыс. т, С2 – 229 921 тыс. т (суммарные ~300 млн т);

– глины: кат. В – 8658 тыс. т, С1 – 14 927 тыс. т, С2 – 6402 тыс. т (суммарные ~30 млн т).

Утверждены следующие постоянные разведочные кондиции:

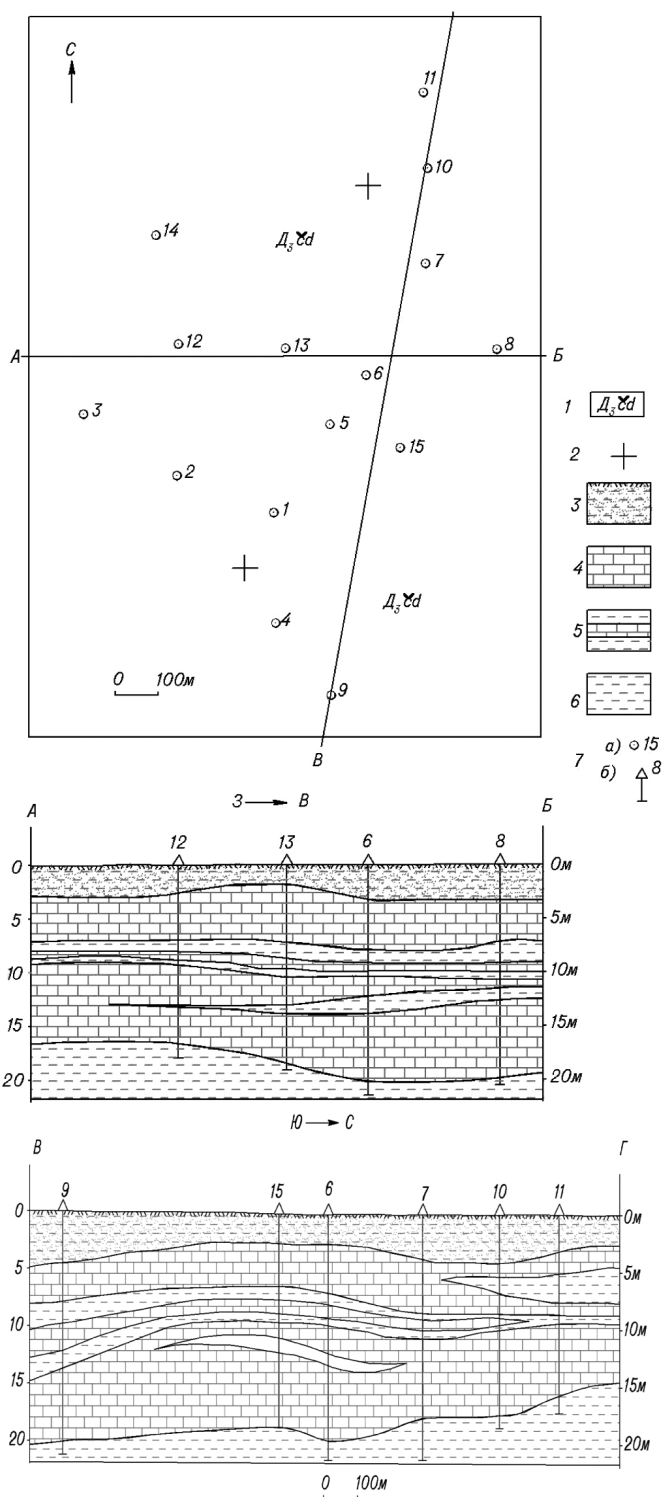
– к полезному ископаемому относить карбонатные породы нерасчлененных чудовско-шелонских слоев верхнего девона и глины валдайского горизонта четвертичной системы;

– минимальное содержание СаО в карбонатных породах – не менее 40%. Согласно ТУ-515–60, мергели натуральные должны содержать 40.0–44.0 %;

– качество карбонатных пород и глин должно отвечать требованиям «Технические условия на качество основных видов сырьевых материалов для производства портландцементного клинкера» (Гипроцемент, 1970) и обеспечивать качество готовой продукции по ГОСТу 10178-85

Территория участка «Бабино» расположена в поле развития карбонатной части франского яруса верхнего девона (чудовские слои) [1]. Девонские отложения структурно и стратиграфически несогласно залегают на размытой поверхности осадочных толщ ордовика, непосредственно под четвертичными отложениями.

На геологической карте (рис. 1), при снятом плаще четвертичных отложений, по всей площади участка с поверхности будут отображены чудовские верхнедевонские мергели и глинистые известняки (которые можно разделить условно по вариациям содержания CaO) франского яруса (D3čd).



1 – чудовские верхнедевонские мергели и глинистые известняки франского яруса (D<sub>3</sub>čd); 2 – субгоризонтальное залегание; 3 – четвертичные отложения (торфа, супеси, суглинки, глины); 4 – мергели и глинистые известняки; 5 – переслаивание мергелей и глинистых известняков с аргиллитами и глинами; 6 – аргиллиты и глины; 7 – скважины, пробуренные силами ООО «Геомарксервис», 2014 – а) на плане, б) на разрезе

По содержанию CaO карбонатные породы Бабиновского месторождения можно разделить на мергели натуральные (40–44%), глинистые известняки (более 44%), мергели с пониженным

содержанием CaO (менее 40%). Анализ петрохимического состава пород месторождения выполнен по разрезу 15-ти скважин в Аналитическом центре ИГ КарНЦ РАН и приведен в табл. 1.

Таблица 1

**Химический состав горных пород участка «Бабино»**

Горные породы	Окислы, вес. %												
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	П.п.п.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
Мергели	7.9– 13.43	0.15– 0.30	2.86– 6.07	1.31– 2.34	0.050– 0.108	1.52– 5.21	35.94– 44.80	0.04– 0.18	0.90– 1.72	0.54– 2.34	33.28– 37.90	0.03– 0.06	<0.10
Аргиллиты	24.50– 46.80	0.46– 0.78	9.26– 15.95	3.73– 7.09	0.05– 0.08	1.35– 6.81	7.32– 29.40	0.09– 0.30	2.75– 5.22	0.05– 4.96	9.97– 25.72	0.04– 0.20	0.02– 0.14
Пачка переслаивания аргиллитов и мергелей	15.40– 29.36	0.28– 0.53	5.62– 10.64	2.35– 4.73	0.05– 0.08	1.50– 6.06	20.51– 39.26	0.06– 0.23	1.61– 2.83	1.00– 4.04	24.52– 33.84	0.04– 0.08	0.02– 0.16
Глинистые известняки	7.31– 9.15	0.09– 0.18	1.87– 3.07	0.88– 1.77	0.058– 0.100	2.09– 2.70	45.04– 47.99	0.03– 0.08	0.54– 1.00	0.22– 1.02	37.31– 39.12	0.01– 0.06	0.02– <0.10
Глины мергелистые	25.62– 45.80	0.57– 0.84	14.59– 17.97	4.64– 8.09	0.055– 0.056	1.00– 3.45	8.32– 22.20	0.07– 0.11	3.16– 5.22	2.69– 3.01	9.97– 24.85	0.11– 0.12	0.01

По данным полного силикатного анализа, пробы аргиллитов, глин и из пачки переслаивания аргиллитов, глин и мергелей отличает повышенное содержание глинозема – до 16% и кремнезема – до 47%. Повышенное содержание кремнезема связано с присутствием кварца в супесчаной составляющей глинистых отложений, что позволяет применять пустые породы при формировании сырьевой смеси и сократить отвалы при добыче.

Содержания вредных компонентов в большинстве проб не превышают допустимые по техническим условиям нормы: MgO – не более 3.8%;

K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O – не более 1%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – не более 0.25%; SO<sub>3</sub> – не более 0.6%. В отдельных пробах содержание окиси магния превышает норму до 2%.

Основными петрофизическими свойствами, определяющими на стадии разведки пригодность пород для получения сырьевой смеси для получения портландцемента, являются плотность и влажность. Устойчивость к коррозии будущих изделий из портландцемента оценивается по результатам содержания хлоридов в бетоне конструкций. Петрофизические свойства пород участка «Бабино» представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Петрофизические свойства горных пород участка «Бабино»**

Горные породы	СІ (водная вытяжка), мг/кг	Плотность (объемная масса), кг/м <sup>3</sup>	Влажность, %
Мергели	5.32–18.01	2300–2580	0.34–2.90
Аргиллиты	5.32–17.37	2020–2550	5.40–12.10
Пачка переслаивания аргиллитов и мергелей	5.41–32.18	2100–2580	0.33–6.00
Глинистые известняки	17.73–28.36	2560–2590	0.40–0.69
Глины мергелистые	–	2200–2470	1.95–4.14

Плотность аргиллитов, определенная гидростатическим методом, по 17 пробам, в среднем – 2200 кг/м<sup>3</sup>; карбонатных пород по 71 пробе, в среднем – 2500 кг/м<sup>3</sup>. Показатели влажности у проб аргиллитов выше, чем у карбонатных пород (до 15 раз), при этом влажность аргиллитов сильно варьирует в образцах нередко даже одного интервала опробования.

Радиационно-гигиеническая оценка горных пород участка «Бабино» выполнена гамма-спектрометрическим методом на аттестованном гамма-спектрометре со сцинтилляционным детектором БДЭГ2СП-1 № 2-286 и программным обеспечением «СПЕКТР-1С. Для исследования удельной эффективной активности (A<sub>эфф</sub>) естественных радионуклидов (ЕРН) выбраны навески

из 7 керновых проб скважины № 5, расположенной практически в центре обуренной площади. Измерение и расчет аналитических параметров выполнены в соответствии с ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия стеновые. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов». В соответствии с ГОСТ 30108-94 за результат определения величины  $A_{эфф}$  ЕРН для месторождения (партии материала) принимается максимальное значение  $A_{эфф}$ , полученное при измерениях проб. Результаты измерения представлены в табл. 3.

Наименьшие значения  $A_{эфф}$  характерны для карбонатных пород (мергелей) – 94 Бк/кг. Значения у аргиллитов в 1.7 раза выше – 161 Бк/кг. Максимальные значения характерны для пачки переслаивания карбонатных пород с глинистыми (переслаивания мергелей и аргиллитов) – 214 Бк/кг.

Все пробы скважины № 5 участка «Бабино» относятся к 1 классу ( $A_{эфф} \leq 370$  Бк/кг). Учитывая однотипность представленного на объекте геологического разреза, горные породы участка можно отнести к радиационно-безопасным.

Таблица 3  
Удельная эффективная активность ( $A_{эфф}$ ) естественных радионуклидов в породах участка «Бабино»

Порода	№ пробы	Интервал опробования, м	Удельная активность (Бк/кг)								А <sub>эфф.</sub> м Бк/кг
			Ra-226		Th-232		K-40		А <sub>эфф</sub>		
			Акт.	α <sub>1</sub>	Акт.	α <sub>2</sub>	Акт.	α <sub>3</sub>	Акт.	Δ	
Мергель	5/1	2.8–4.0	5	8	4	7	345	48	39	13	53
Мергель	5/2	4.0–7.7	4	9	13	6	286	41	46	11	57
Аргиллит	5/3	7.7–9.7	25	7	50	7	662	78	147	14	161
Переслаивание аргиллитов с глинистыми известняками	5/4	9.7–12.7	22	8	34	8	526	73	111	14	125
	5/5	12.7–13.6	35	7	49	7	1160	135	198	17	214
Мергель	5/6	13.6–17.0	28	8	15	8	186	29	64	13	76
Мергель	5/7	17.0–19.9	43	7	15	8	239	37	83	11	94

Примечания:  $\alpha_1 - \alpha_3$  – погрешности гамма-спектрометра,  $\Delta$  – абсолютная погрешность определения значений  $A_{эфф}$ .

Таким образом, на основании проведенных исследований, можно сделать следующие выводы по кондиционности цементного сырья объекта «Бабино»:

- среднее содержание СаО в мергелях участка «Бабино» порядка 38 %;
- средневзвешенное содержание СаО может быть достигнуто 41.7% только при селективной добыче;
- по своим качественным параметрам около 37% мергелей не будут использоваться в производстве цемента;
- производство цемента из мергелей участка «Бабино» возможно только в случае селективной добычи и добавления карбонатов с высоким содержанием СаО.

Для производства портландцемента пригодны карбонатные породы при содержании не менее 40–43 % СаО; не более 3.2–3.7% MgO. Рекомендуются, чтобы сумма  $Na_2O$  и  $K_2O$  не превышала 1 %, а содержание  $SO_2$ –1.5–1.7% [7]. Следовательно, чтобы использовать минеральное сырье участка «Бабино» для получения

портландцемента, необходимо выявить месторождения карбонатных пород, потенциально пригодных в качестве корректирующей добавки к сырьевой смеси.

На территории Республики Карелия встречаются чистые известняки с содержанием СаО в пределах 48–54% (ср. 53.54%) и MgO от 0.5 до 2.5% (ср. 1.2%),  $SiO_2$  до 1.5% – месторождение Соваярвинское у оз. Соваярви (Лоухский район Северной Карелии) [4].

В Лоухском районе, в границах Тикшеозерского массива щелочно-габброидной формации (рис. 2), выявлены апатитоносные карбонатиты, представляющие интерес как индустриальное сырье [2].

Тикшеозерский массив – субмеридионально вытянутое тело и состоит из трех крупных блоков: Тикшеозерского, Центрального и Шапкоозерского. В центре Центрального блока штокообразное тело слагают карбонатиты. В породах массива преобладают кальцитовые карбонатиты, подчиненное значение имеют доломит (анкерит)-кальцитовые и существенно

доломитовые. Минеральный состав, по данным кернa скв. 169, отражает преобладание (около 90% и более) в составе карбонатитов карбонатов, главным образом, кальцита. По петрохимическим характеристикам различаются

высококальциевые и магниевые-кальциевые карбонатиты (табл. 4). Высококальциевые карбонатиты возможно использовать в качестве корректирующей добавки к мергелям для получения портландцемента.

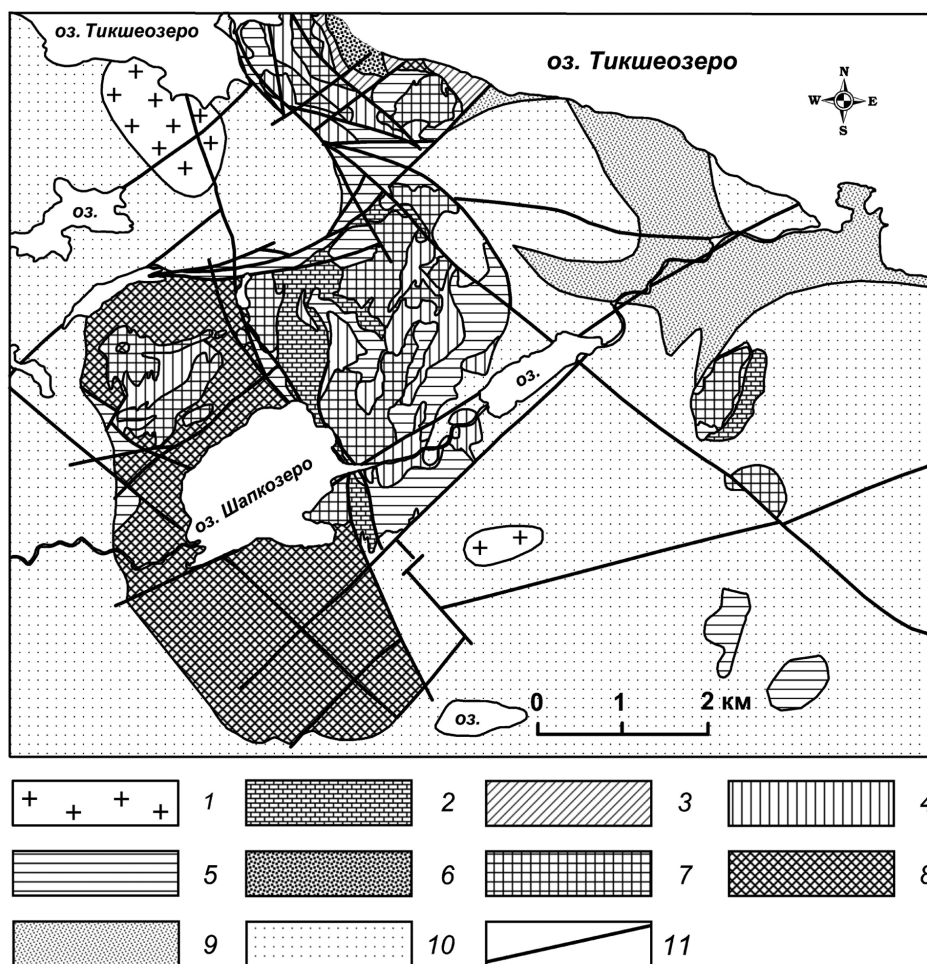


Рис. 2. Карта-схема геологического строения Тикшеозерского массива [2]

1 – микроклиновые граниты с вкрапленностью голубого дымчатого кварца; 2 – карбонатиты кальцитовые, доломит-кальцитовые и кальцит-доломитовые; 3 – нефелиновые сиениты; 4 – уртиты средне-крупнозернистые до гигантозернистых; 5 – средне-крупнозернистые ийолиты, ийолиты-уртиты; 6 – габбронориты; 7 – средне-мелкозернистые титаноавгитовые пироксениты, оливиновые пироксениты; 8 – оливиниты с титаномagnetитом, серпентизированные оливиниты, серпентиниты; 9 – амфибол-биотитовые и биотит-амфиболовые гнейсы; 10 – микроклин-плаггиоклазовые граниты, тоналиты, диориты; 11 – разрывные нарушения

Таблица 4

Вариации петрохимического состава карбонатитов [2]

Разновидность карбонатитов	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Высококальциевые	0.65–14.87	2.49–35.42	1.11–6.51	35.11–51.80	1.04–6.22
Магниево-кальциевые	1.14–21.74	4.39–10.66	12.32–14.64	23.36–39.40	1.72–4.94

По результатам проводившихся в различные годы полевых работ, с попутными радиометрическими замерами, и по данным отдельных договорных работ в ИГ КарНЦ РАН, по рассматриваемым карбонатным объектам Северной

Карелии можно сделать вывод об их радиационно-гигиенической безопасности.

#### Заключение

На территории Карелии имеют место породные комплексы, содержащие карбонатные



толщи. При соответствующем качестве карбонаты могут применяться в качестве корректирующей добавки к верхнедевонским мергелям Русской платформы. Это позволит обрабатывать недостаточно кондиционные объекты цементного сырья, к примеру, Ленинградской и Новгородской областей, и расширит области

комплексного применения сырья таких объектов, как Тикшеозерский расслоенный массив щелочно-габброидной формации.

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Института геологии КарНЦ РАН.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Геология и полезные ископаемые Ленинградской области. Санкт-Петербург, «Севзапнедра», 2002.

2. Щипцов В. В., Бубнова Т. П., Гаранжа А. В., Скамницкая Л. С., Щипцова Н. И. Геолого-технологическая и экономическая оценка ресурсного потенциала карбонатитов Тикшеозерского массива (формация ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов) // Геология и полезные ископаемые Карелии, 2007. Вып. 10. С. 159–170.

3. ИТС 6–2015 Производство цемента. Москва. Бюро НДТ. 2015. 293 с.

4. Медведев П. В., Кондрашова Н. И. Карбонатное сырье Карелии: история и перспективы использования // Горный журнал, № 3. 2019. С. 25–30.

5. Отчет о результатах геологоразведочных работ по геологическому изучению Бабинского месторождения цементного сырья. Ответственный исполнитель: Рогов В. С. ОАО «Цемент», Санкт-Петербург, 2009.

6. Фролов П. В. Отчет о результатах поисково-ревизионных работ по изучению геологического строения и качества цементного сырья объекта «Бабино». ООО «Геомарксервис», Петрозаводск, 2014.

7. Технические условия на качество основных видов сырьевых материалов для производства портландцементного клинкера. Ленинград: «Гипроцемент», 1970. 51 с.