

ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ ЗАПАСОВ В РАЙОНЕ ГОРОДА ПЕВЕКА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ БЕТОНОВ

30



Иванов С. В.,
канд. техн. наук, заслуженный
строитель РФ, старший науч.
сотрудник, технический директор
ОАО «Союзморниипроект»



Гришин В. П.,
канд. техн. наук, доцент, почетный
строитель РФ, зам. директора по
научной работе
ОАО «Союзморниипроект»



Зсаулов С. Л.,
доктор техн. наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ,
ОАО «Союзморниипроект»

Аннотация. В статье поднимается проблема строительства сооружений в районах побережья и шельфа северных морей Арктики. Для развертывания широкомасштабного строительства капитальных объектов арктической инфраструктуры в ближайшей перспективе потребуется осуществить комплекс геологоразведочных и изыскательских работ по оценке запасов минерально-сырьевых ресурсов, пригодных для производства основных строительных материалов. В статье обосновывается необходимость рассматривать для возведения бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений местные нерудные материалы. Статья иллюстрируется примером изучения минерально-сырьевых запасов в районе города Певека для создания береговой инфраструктуры базирования плавучей атомной электростанции.

Ключевые слова: гидротехническое строительство, арктическая инфраструктура, минерально-сырьевые запасы нерудных ископаемых.

Abstract. The article raises a problem of structures construction in the region of Arctic seas coast and shelf. For the large-scale construction progress of the arctic infrastructure in the short term it will be necessary to carry out a set of geological and survey work to estimate reserves of mineral resources, suitable for basic construction materials production. The article explains the need to consider local non-metallic materials for erecting of concrete and reinforced concrete hydraulic structures. It is illustrated an example of mineral resources study in the region of Pevek to create coastal infrastructure for the location of a floating nuclear power station.

Keywords: hydraulic engineering, arctic infrastructure, non-metallic mineral resources reserves.

Освоение побережья и шельфа северных морей Арктики потребует создания соответствующей инфраструктуры. Для строительства объектов капитального строительства различного функционального назначения в арктических районах необходимо формировать производственную базу строительных материалов. Причем ее развитие должно основываться желательно на местных минерально-сырьевых месторождениях.

В настоящее время ОАО «Союзморниипроект» разработана проектная документация по созданию береговой инфраструктуры для базирования плавучей атомной электростанции (ПАТЭС) в районе города Певека Чукотского автономного округа. Район г. Певека характеризуется суровыми природно-климатическими, гидрологическими и гидрогеологическими условиями, относится к климатическому району I и подрайону IB. По данным региональной гидрометеорологической станции (ГМС), средняя многолетняя температура воздуха составляет $-10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$; $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ — температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$ — обеспеченностью 0,98; $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$ — температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92, $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$ — обеспеченностью 0,98.

Для строительства гидротехнических сооружений, предназначенных для обеспечения эксплуатационной надежности плавучего энергоблока, потребуются значительные

объемы камня, щебня, песка. Географическое положения г. Певека таково, что доставка инертных материалов из Европейской части России, Сибири и Дальнего Востока будет являться достаточно затратным предприятием. В связи с этими обстоятельствами специалистами ОАО «Союзморниипроект» одновременно с разработкой проектной документацией проводились аналитические исследования с целью изучения минерально-сырьевой базы для прогнозирования возможности промышленного производства гидротехнических бетонов для строительства объектов береговой инфраструктуры.

Требования к показателям качества гидротехнических бетонов для создания береговой инфраструктуры регламентируются нормативными документами ГОСТ 26633 [1], СП 52-105-2009 [2], ВСН 5-84 [3], РД 31.31.23-81 [4], РД 31.31.55.93 [5] и др.

Железобетонные конструкции в зависимости от их расположения и условий эксплуатации подразделяются на: надземные, располагаемые выше отметки 0,5 м над дневной поверхностью; железобетонные конструкции, расположенные в зоне сезонного промерзания и оттаивания; железобетонные конструкции, находящиеся ниже глубины сезонного промерзания.

Для железобетонных конструкций строительных объектов арктической инфраструктуры рекомендуется применять тяжелые бетоны средней плотностью $2200\text{--}2500\text{ кг/м}^3$ с соот-

ветствующими показателями по классам прочности (В), маркам по морозостойкости (F) и водонепроницаемости (W). Для приготовления бетонных смесей с противоморозными, воздухововлекающими и микрогазообразующими добавками рекомендуется применять портландцемент с содержанием $C_2S \geq 55\%$ и $C_3A \leq 8\%$, согласно ГОСТ 10178 [6], или сульфатостойкий портландцемент, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 22266 [7]. Расход цемента не должен превышать 450 кг/м^3 с водоцементными (В/Ц) отношениями: для бетонов классов В20–В30 — $V/C \leq 0,5$; для бетонов В35–В45 — $V/C \leq 0,45$; для бетонов В50–В60 — $V/C \leq 0,4$. Для несущих конструкций рекомендуется применять классы бетонов по прочности на сжатие не ниже В25.

Составными частями бетонных смесей являются крупный и мелкий заполнители. В качестве крупного заполнителя применяется щебень из плотных горных пород, согласно ГОСТ 8267 [8], — средней плотностью зерен от 2000 до 3000 кг/м^3 . Крупный заполнитель следует использовать в виде раздельно дозируемых фракций, регламентируемых проектом. Общие требования к крупному заполнителю для тяжелых бетонов гидротехнических сооружений изложены в ГОСТ 26633-2012 «Бетоны для гидротехнических сооружений» (Приложение Б (обязательное), Б3).

В качестве мелкого заполнителя следует использовать природный песок или песок из отсевов дробления горных пород с истинной плотностью от 2000 до 2800 кг/м^3 , согласно требованиям ГОСТ 8736 «Песок для строительных работ. Технические условия» [9] или ГОСТ 31424 «Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия» [10].

При оценке минерально-сырьевой базы в районе Певека для промышленного производства гидротехнических бетонов, предназначенных для строительства береговой инфраструктуры базирования плавучей атомной электростанции, были использованы материалы Чаун-Чукотских геологоразведочных экспедиций за 1967 [11], 1984–1986 [12] и 1990–1991 [13] гг. Систематическое изучение местных минерально-сырьевых ресурсов в районе г. Певека началось с 1934 г. под руководством С. В. Обручева. Первые сведения по оценке объемов запасов местных строительных материалов относятся к 1951 г. В 1965 г. IV-й Чаунский поисково-разведывательный отряд провел разведку интрузии гранитоидов, расположенной в 7 км по автодороге «Певек — Валькумей». Однако местные горные породы не соответствовали требованиям нормативных документов, в частности ГОСТ 8267-64 «Щебень из естественного камня для строительных работ. Общие требования», поэтому не были рекомендованы для промышленного производства тяжелых бетонов.

В 1967 г. Чаунский поисково-разведывательный отряд [11] провел исследования качественных и технологических свойств гранодиоритов Янрапаакского месторождения строительного камня, а также осуществил предварительный подсчет запасов камня по состоянию на 1 января 1968 г. Оно расположено в 7 км от г. Певека по трассе «Певек — аэропорт Апальгино (Апальхино)».

Янрапаакское месторождение строительного камня сложено осадочными породами и гранитоидами. Для исследования физико-механических свойств и петрографических особенностей гранодиоритов отбирались пробы в виде монолитных кубов с размером стороны 300 мм и штуфов раз-

мерами $50 \times 50 \times 80$ мм. Результаты изучения образцов гранодиоритов, отобранных с Янрапаакского месторождения, характеризуются следующими показателями: объемный вес $2640\text{--}2670 \text{ кг/м}^3$; предел прочности при сжатии в сухом состоянии $1875\text{--}2458 \text{ кгс/см}^2$; предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии $1400\text{--}1950 \text{ кгс/см}^2$; водопоглощение $0,29\text{--}0,45\%$; коэффициент размягчения $0,72\text{--}0,91$, морозостойкость пород составила от 50 до 100 циклов. Таким образом, горные породы Янрапаакского месторождения камня можно отнести к категории прочных строительных материалов.

Наиболее рациональным методом освоения месторождения является карьерная разработка, т. к. горные породы имеют прямой выход на дневную поверхность. Эксплуатацию месторождения строительного камня можно осуществлять в течение всего года. Разработку месторождения камня целесообразно вести с применением взрывчатых веществ.

Янрапаакское месторождение строительного камня характеризуется следующими показателями: площадь — 105700 м^2 ; средняя мощность полезного ископаемого в коренном залегании — 26 м; запасы строительного камня, согласно классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, составляют: категория А — 1092000 м^3 и категория В — 1741000 м^3 . Дополнительно следует отметить, что запасы камня при необходимости могут быть увеличены путем дальнейшей разведки Янрапаакской интрузии.

В 1990–1991 гг. Чаун-Чукотская геологоразведочная экспедиция [12] провела исследования качественных технологических свойств строительного камня в районе горы Лоотайпын с целью оценки промышленных запасов месторождения для производства строительных материалов. Оно расположено на 31 км от г. Певека по трассе «Певек — Комсомольский». Критериями оценки минерального сырья являлись требования ГОСТ 8267 [8], ГОСТ 26633 [1]. Месторождение строительного камня предполагалось разрабатывать с целью получения щебня фракции 5–20 и 20–40 мм марки по прочности на сжатие не менее 800. Щебень предназначался для приготовления тяжелых бетонов классов по прочности В30, марок по морозостойкости F400 и водонепроницаемости W4.

В результате выполненных лабораторно-технологических исследований строительного камня Лоотайпынского месторождения было установлено следующее:

- По зерновому составу щебень в отдельных характеристиках не соответствовал требованиям ГОСТ 8267 [8], т. к. полные остатки на ситах 16,0 и 20,0 мм всех проб превысили нормативно допустимые показатели.
- Пластинчатая и игольчатая форма зерен характерна для отдельных проб гранодиоритов. Согласно требованиям стандартов, содержание в пробах зерен пластинчатой и игольчатой формы не должно превышать 35%, однако их содержание, по результатам изучения каменных материалов, составило от 37 до 43%.
- Марка щебня по прочности определялась по дробимости на сжатие по каждой фракции отдельно. В целом по Лоотайпынскому месторождению щебень из гранодиоритов имеет марку по прочности 1000. По скважинам марка по прочности находится в пределах от 800 до 1400.

По результатам лабораторно-технологических испытаний было установлено, что морозостойкость щебня соответствует марке F50.

Содержание пылевидных и глинистых частиц по Лоотайпынскому месторождению не превышает 1% (0,10–0,48%).

По результатам проведенных исследований были определены следующие показатели щебня: истинная плотность — 2600–2660 кг/м³ (требования не ниже 2500 кг/м³); объемный вес — 2680–2740 кг/м³; насыпная плотность — 1260–1283 кг/м³; пустотность — 0,5–0,52%; пористость — 0,4–2,9%; водопоглощение гранодиоритов составляет менее 0,5%.

Наряду с изучением свойств камня Лоотайпынского месторождения проводились исследования физико-механических свойств щебня в бетоне. Необходимо отметить, что подобных исследований строительного камня в 1967 г. не проводилось.

В качестве вяжущего использовался портландцемент Спасского цементного завода ПЦ 500 (активность 512,2 кгс/см², удельная плотность 3,01 г/см³). Было подобрано 14 составов бетонов. Плотность бетонной смеси 2250 кг/м³, осадка конуса от 3,0 до 4,0 см. Бетон выдерживался в течение 28 суток в нормальных температурно-влажностных условиях. При испытании образцов на сжатие они показали прочность 272–356 кгс/см². Таким образом, щебень из гранодиоритов Лоотайпынского месторождения пригоден для приготовления товарного бетонов класса по прочности на сжатие В22,5–В25 (М 300).

Необходимо отметить, что за период с 1991 по 2015 гг. в области технологии приготовления бетонных смесей накоплен значительный объем экспериментальных результатов, позволяющих получать бетоны повышенной прочности на сжатие путем применения различных химических добавок. Поэтому целесообразно до начала строительства гидротехнических сооружений выполнить комплекс лабораторно-технологических испытаний для определения физико-механических характеристик щебня и составов бетонных смесей на его основе.

Скальные породы Лоотайпынского месторождения целесообразно разрабатывать методом взрывания скважинных зарядов. Лоотайпынское месторождение строительного камня характеризуется следующими показателями: толщина слоя вскрытия составляет от 2,2 до 8,4 м; мощность полезного ископаемого минимальная 10,0 м и максимальная до 21,3 м; насыпная плотность щебня фракции 5–20 мм составляет 1280 кг/м³; марка по дробимости — 1200.

Разработка строительного камня Лоотайпынского месторождения может производиться круглогодично. Наряду со щебнем для строительных работ могут использоваться также породы вскрыши для отсыпки строительных площадок и временных автодорог.

Лоотайпынское месторождение относится к первой группе месторождений по сложности геологического строения. Определение объемов строительного камня производилось с учетом фактических данных о мощности и условиях залегания. Общее количество разведанных запасов строительного камня представлено в **табл. 1**.

В течение 1984–1986 гг. Чаунская геологоразведочная экспедиция проводила общие поиски строительных материалов в районе г. Певека [12]. Поисково-разведочные работы проводились с целью выявления месторождений строительных материалов с запасами: песок строительный — 500 тыс. м³; песчано-гравийная смесь — 1,0 млн м³; суглинки — 2,0 млн м³; сырье керамзитовое — 4,0 млн м³.

В процессе выполнения работ были изучены: три месторождения строительного песка — «Западный», «Пески», «Пески-2»; три месторождения песчано-гравийной смеси — «Песчано-гравийная смесь», «Песчано-гравийная смесь 2», «Лоотайпын»; один участок месторождения суглинка — «Западный Лоотайпын»; два месторождения керамического сырья — «Керамзит» и «Керамзит 2».

В статье проводится только анализ качества месторождений строительного песка в соответствии с требованиями ГОСТ 8736 [8].

С целью изучения качества местных природных песков для строительства производился отбор образцов из скважин на участках «Пески», «Пески-2» и «Западный». Из каждой скважины отбиралась одна проба для лабораторных исследований весом 25 кг. Всего было отобрано 165 проб, в том числе: участок «Пески» — 35 проб (70 пог. м); участок «Пески-2» — 61 проба (122 пог. м); участок «Западный» — 72 пробы (102,5 пог. м).

Расположение месторождений песка:

- участок «Пески» расположен на восточном берегу Чаунской губы Восточно-Сибирского моря, в 4,5 км северовосточнее пос. Апапельгино по дороге в пос. Янранай, и представляет собой песчаную косу;
- участок «Пески-2» находится на восточном берегу Чаунской губы Восточно-Сибирского моря, в 10 км северозападнее пос. Апапельгино по дороге в пос. Янранай, и представляет собой песчаную косу в устье реки Пэнэчимкывеем;
- участок «Западный» расположен на восточном берегу Чаунской губы Восточно-Сибирского моря, в 1,0 км юго-восточнее пос. Западный, и представляет собой вытянутую зону морского пляжа;

Категория запасов	Полезное ископаемое			Породы вскрыши			Всего запасов
	площадь, м ²	мощность, м	объем, тыс. м ³	площадь, м ²	мощность, м	объем, тыс. м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8
В1	14514	15,5	225	14514	3,5	51	
В2	21068	18,3	343	21068	3,6	76	
В3	25108	15,4	387	25108	4,3	113	
Итого	60690	–	955	60690		240	1195

Табл. 1. Общее количество запасов строительного камня Лоотайпынского месторождения (по состоянию на 1991 г.)

№ п/п	Показатели минерально-сырьевых материалов	Размерность	Названия месторождений (участков) природных минерально-сырьевых материалов					
			«Пески»	«Пески 2»	«Западный»	«Песчано-гравийная смесь»	«Песчано-гравийная смесь 2»	«Лоотайпын»
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Песок для строительных работ								
1	Рассев песчано-гравийной смеси:	%						
	— количество песка	%	61,1–100,0	34,5–92,7	100,0	29,0–60,6	35,9–93,7	34,9–50,1
	— количество гравия	%	0,0–38,9	7,3–65,5	–	39,4–70,6	6,3–64,1	49,9–65,1
2	Объемный насыпной вес песка:	кг/м ³						
	min	кг/м ³	1305,0	1425,0	1445,0	1186,0	1092,0	1175,0
	max	кг/м ³	1595,0	1605,0	1670,0	1440,0	1375,0	1315,0
	middle	кг/м ³	1489,0	1511,0	1571,0	1305,0	1269,0	1230,0
3	Модуль крупности песка							
	Мк (min)	-	1,71	2,10	1,82	1,25	0,05	0,99
	Мк (max)	-	2,77	3,22	3,65	1,90	1,55	1,87
	Мк (middle)	-	2,25	2,50	2,72	1,54	0,83	1,30
4	Количество пылевидных, глинистых и илистых частиц в песке							
	min	%	1,00	1,00	0,5	17,5	28,0	23,0
	max	%	16,0	12,3	7,5	34,5	62,0	52,0
	middle	%	6,42	7,40	2,2	26,4	43,8	41,7
5	Рекомендации по применению							
	— для бетонов	%	14,0	11,0	69,0	–	–	–
	— для автодорог	%	42,0	23,0	97,0	–	–	–
	— для кладочных растворов	%	88,0	80,0	100,0	–	–	–
	— для штукатурных растворов	%	97,0	100,0	–	–	–	–
6	Запасы минерального сырья							
	— общее количество	тыс. м ³	300,5	786,2	220,7	–	–	–
	— песка	тыс. м ³	264,3	489,9	220,7	–	–	–
	— гравия	тыс. м ³	35,7	296,3	–	–	–	–
7	Расстояние от г. Певека до месторождения	км	26,0	31,0	18,0	–	–	–
8	Время разработки месторождения	–	Круглогодично	Круглогодично	Круглогодично	–	–	–

Табл. 2. Лабораторно-технологические характеристики месторождений природных минерально-сырьевых материалов (песок) в районе г. Певека по результатам Чаунской геологоразведочной экспедиции 1984–1986 гг.

- участок «Песчано-гравийная смесь» расположен в 2 км восточнее пос. Апапельгино, между сопкой Солдатской и рекой Апапельгино;
- участок «Песчано-гравийная смесь 2» расположен в 11 км от г. Певека, по правой стороне автотрассы «Певек — Апапельгино» в районе реки Малый Ергывеем;
- участок «Лоотайпын» расположен в 33 км от г. Певека, по правой стороне автотрассы «Певек — Комсомольский», в устье слияния ручьев Западный и Восточный Лоотайпын.

Обобщенные результаты геологоразведочных работ по изучению лабораторно-технологических характеристик песков на различных участках в районе г. Певека представлены в **табл. 2**.

На основании выполненных исследований было установлено следующее.

Пески на участках «Песчано-гравийная смесь», «Песчано-гравийная смесь 2», «Лоотайпын» не соответствуют требованиям ГОСТ 8736 [9], поэтому природный материал по основным характеристикам не пригоден для промышленного производства строительных материалов.

Природные пески на участках «Пески», «Пески 2» и «Западный» по своим характеристикам удовлетворяют требованиям ГОСТ 8736 [9]. Однако результаты предварительных исследований показали, что природные пески участков «Пески» и «Пески 2» не могут быть использованы для приготовления товарных бетонных смесей в связи с тем, что из общего объема только от 11 до 14% материалов пригодны для приготовления бетонов.

По имеющимся результатам исследований для приготовления бетонных смесей целесообразно применять песок участка «Западный». Товарный выход материала, пригодного для бетонных смесей, с этого месторождения составляет до 69%. Песок участка «Западный» обладает минимальным количеством пылевидных, глинистых и илистых частиц по сравнению с песками других месторождений.

В качестве резервного месторождения песка для приготовления бетонных смесей целесообразно рассматривать участок «Пески». Однако использование природного песка этого месторождения для приготовления бетонных смесей требует предварительного его обогащения путем уменьшения содержания количества пылевидных, глинистых и илистых частиц до требований ГОСТ 8736 [9].

Выводы

На основании анализа материалов Чаунской геологоразведочной экспедиции 1967, 1984–1986 и 1990–1991 гг. были определены месторождения минерально-сырьевых запасов инертных материалов (щебня и песка) в районе г. Певека, пригодных для производства товарных бетонных смесей при строительстве гидротехнических сооружений.

Для промышленного производства товарного бетона целесообразно использовать каменные материалы Лоотайпынского месторождения, которое было выявлено в 1990–1991 гг. Щебень этого месторождения предварительно использовался для приготовления бетонных смесей. Марка бетонов различных составов на портландцементе Спасского цементного завода ПЦ500 по прочности на сжатие составила М300 (классы В22,5–В25). Этот факт свидетельствует о том, что имеется возможность получать бетоны более высокого класса по прочности на сжатие.

В качестве мелкого заполнителя, по результатам геологоразведочных работ, для приготовления товарных бетонных смесей целесообразно использовать природный песок месторождения «Западный», который по своим качественным характеристикам соответствует требованиям ГОСТ 8736 [9]. С целью определения пригодности песка для приготовления товарных бетонных смесей следует выполнить лабораторно-технологические исследования природного материала при испытании составов бетонов.

Дальнейшие исследования ОАО «Союзморниипроект» планируется проводить с целью изучения качественных характеристик щебня Лоотайпынского месторождения и песка участка «Западный» для подбора составов бетонных смесей и последующего испытания бетонов на их основе.

Литература

1. ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
2. СП 52-105-2009 Железобетонные конструкции в холодном климате и на вечномерзлых грунтах.
3. ВСН 5-84 Применение природного камня в морском гидротехническом строительстве.
4. РД 31.31.23-81 Руководство по проектированию узких насыпных пирсов и палов с учетом арктических условий.
5. РД 31.31.55-93 Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений.
6. ГОСТ 10178-85 (2002) Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
7. ГОСТ 22266-2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
8. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
9. ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.
10. ГОСТ 31424-2010 Материалы строительные нерудные от отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия.
11. Отчет о проведении геологоразведочных работ на месторождении строительного камня в районе Пээканайской и Янрапаакской интрузий. Певек: Чаунский поисково-разведочный отряд, 1967. 58 с.
12. Отчет. Общие поиски строительных материалов в районе г. Певека (экз. № 3). Певек: Чаунская геологоразведочная экспедиция, 1986. 117 с., инв. № 2147 от 19.12.1986 г.
13. Отчет о проведении геологоразведочных работ на месторождении строительного камня Лоотайпын в 1990–1991 гг. (экз. № 5). Певек: Чаун-Чукотская геологоразведочная экспедиция, 1991. 47 с., инв. № 2281 от 5.01.1991 г.



**Проектно-исследовательский
и научно-исследовательский
институт морского транспорта
ОАО «Союзморниипроект»**

**125319 Москва, Большой Коптевский проезд, 3
Телефон/факс (499) 152-36-51
e-mail: smniip@smniip.ru
WWW.SNIIP.RU**