

УДК 622.34, 556.3(98)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НСМ
В ДЕЛЬТАХ И УСТЬЯХ РЕК В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА
(НА ПРИМЕРЕ Р. ЕНИСЕЙ)**

Шестова Марина Вадимовна¹, кандидат технических наук, доцент кафедры Водных путей и гидротехнических сооружений

e-mail: shestowam@yandex.ru

Елисеев Дмитрий Алексеевич¹, магистрант

e-mail: deliseev2000@inbox.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследований по изучению особенностей разработки месторождений нерудных строительных материалов (НСМ) в дельте и устье реки Енисей в условиях Крайнего Севера. Актуальность связана с растущим спросом на НСМ для инфраструктурных проектов Арктики при минимизации воздействия на хрупкие экосистемы. Выявлены ключевые риски: сезонные паводки, нарушение гидрологического режима и уязвимость почвенно-растительного покрова. На основе анализа природно-климатических факторов, характера русловых деформаций предложены адаптированные технологии добычи НСМ из обводненных месторождений в условиях Крайнего Севера, включая щадящие методы экскавации, рекультивацию нарушенных земель.

Ключевые слова: Крайний Север, дельта Енисея, добыча нерудных строительных материалов, вечная мерзлота.

STUDY OF THE FEATURES OF DEVELOPMENT OF DEPOSITS OF NON-METALLIC BUILDING MATERIALS IN DELTA AND MOUTH OF RIVER IN THE CONDITIONS OF THE FAR NORTH (ON THE EXAMPLE OF THE YENISEI RIVER)

Marina V. Shestova¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Waterways and Hydraulic Structures

e-mail: shestowam@yandex.ru

Dmitry A. Eliseev¹, Master's Degree student of the Department of Waterways and Hydraulic Structures

e-mail: deliseev2000@inbox.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The results of research on the peculiarities of the development of deposits of non-metallic building materials (NSM) in the delta and mouth of the Yenisei River in the Far North are presented. The relevance is related to the growing demand for NSM for Arctic infrastructure projects while minimizing the impact on fragile ecosystems. Key risks identified: seasonal floods, disturbance of the hydrological regime and vulnerability of the soil and vegetation cover. Based

on the analysis of natural and climatic factors and the nature of riverbed deformations, adapted technologies for extracting petroleum products from flooded deposits in the Far North are proposed, including gentle excavation methods and reclamation of disturbed lands.

Keywords: Far North, Yenisei Delta, extraction of non-metallic building materials, permafrost.

В настоящее время идет активный процесс освоения арктических регионов Крайнего Севера Российской Федерации. При этом все проекты требуют строительства большого количества различных объектов, а, значит, и строительных материалов в том числе из обводненных месторождений.

Целью данного исследования являлось – изучение особенностей разработки месторождений НСМ в дельтах и устьях рек в условиях Крайнего Севера. Объектом исследования являлась река Енисей в ее устьевой части.

Добыча нерудных строительных материалов в целом может оказывать существенное влияние на гидрологический режим водоема, степень которого определяется местонахождением карьера в реке. В устьевых участках рек происходит процесс однонаправленного отложения наносов, т.е. необратимой аккумуляции. В многорукавных дельтах добыча НСМ может осуществляться во второстепенных протоках в объемах, не оказывающих влияния на гидрологический и гидравлический режимы, направленность русловых деформаций.

Специфическая особенность Крайнего Севера заключается в том, что здесь разработка отдельно взятого месторождения, как правило, экономически неэффективна, но при решении комплексных задач удельные затраты можно значительно сократить. При этом необходимо учитывать, что разработка месторождений полезных ископаемых ведется в условиях низких температур, а период разработки составляет в условиях Крайнего Севера в среднем 100-120 суток.

Также особенностью организации добычи НСМ является обустройство карт намыва, предназначенных для хранения или заготовки добытого материала. Это связано с непрерывностью процесса обустройства месторождений в условиях Крайнего Севера, сжатыми сроками реализации строительных проектов и постоянной потребностью в песке, в результате чего заготовка песка фактически идет в круглогодичном режиме, в том числе и в зимний период. Одним из основных вопросов, требующих решения в этом случае, является своевременная организация водоотведения.

В ходе выполненных исследований были изучены особенности технологии добычи НСМ из обводненных месторождений в условиях Крайнего Севера. Они определяются природно-климатическими факторами: отрицательные температуры воздуха, сильный ветер, волнения водных акваторий, наличие сезонной и многолетней мерзлоты. Кроме того, к основным проблемам северной гидромеханизации относятся:

- борьба с образованием льда в акваториях водоемов, мерзлоты в забоях земснарядов и на картах намыва;
- предохранение от промерзания рабочих трубопроводов;
- разработка пионерных выработок в плотных, связных и сезонно-мерзлых породах;
- интенсификация породозабора и намывных работ;
- обеспечение мобильности гидромеханизированных комплексов;
- обезвоживание намывных пород

В настоящее время существуют следующие пути решения вышеназванных проблем:

1. Термостабилизация и подогрев технологических сред (подогрев воды и пульпы; теплоизоляция коммуникаций (утепление трубопроводов, резервуаров, насосов и пр.).



2. Оптимизация гидромеханизированного оборудования (применение морозоустойчивой, адаптированными к работе при низких температурах).
3. Сезонное планирование и ускоренные методы (интенсификация в летний период).
4. Логистические решения (использование модульных установок, т.е. мобильного оборудования, которое можно быстро демонтировать и перевозить).

Для исследования особенностей разработки месторождений НСМ в дельтах и устьях рек в условиях Крайнего Севера была выбрана река Енисей. По характеру водного режима, гидрографическим условиям бассейн Енисея делится на три основных участка: Верхний Енисей, Средний Енисей и Нижний Енисей – от устья Ангары до устья самого Енисея. В гидрографическом отношении система реки Енисей относится к бассейну Северного Ледовитого океана, впадает в Карское море.

Основными гидрологическими постами, где ведется наблюдение за уровнями воды в устьевой части р. Енисей, являются гидропосты Диксон, Караул, Дудинка, Игарка (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема устьевой участка р. Енисей с сетью гидрологических постов

Как показал анализ уровневого режима (по гидропостам Караул, Дудинка, Игарка) в летне-осенний период уровень воды на реке Енисей обычно низкий. Это связано с тем, что река питается преимущественно от снегов (примерно 51%) и дождей (39%), а грунтовые воды составляют минимальный процент. Уровневый режим устьевой участка при этом определяется: колебанием уровня воды в Карском море, сгонно-нагонными явлениями (распространяются до Игарки: нагон - до 2 м, сгон – до 1,2 м) и приливно-отливными явлениями Карского моря (распространяются до Дудинки до 1,5 м).

Среднегодовой расход воды вдоль течения р. Енисей меняется от 1000 м³/с в верховьях до 19800 м³/с в устье реки (Енисейском заливе). Максимальный расход воды за весь период наблюдений был зафиксирован по г/п Игарка – 154000 м³/с.

Река Енисей судоходна на всём своем протяжении. Этот район является ключевым звеном Северного морского пути и важной транспортной артерией для Красноярского края

и всей российской Арктики. Крупнейшими заполярными портами являются порт Диксон, Дудинка и Игарка. Морские суда из Дудинки выходят по Енисею в Карское море.

Продолжительность навигации на р. Енисей составляет:

- на верхнем участке – с конца апреля/начала мая до конца октября (180-200 сут.);
- в среднем течении – с середины мая до середины октября (150-170 дней);
- на устьевом участке – с июня до конца сентября (100-120 дней).

Особенность организации судоходства на р. Енисей — это поэтапный запуск навигации по мере освобождения реки ото льда. На участке от Красноярска до Ангары перевозки стартуют в середине мая, порт Дудинка открывается в начале июня, навигация на Диксон становится возможной со второй половины июля. Окончание судоходства происходит в обратном порядке и в начале ноября закрывается полностью.

В работе было выполнено исследование условий формирования русла и русловых деформаций на устьевом участке р. Енисей, выполнен анализ причин, влияющих на них.

В отдельную группу выделены антропогенные факторы, а именно:

- строительство и эксплуатация ГЭС (Красноярская, Майнская, Саяно-Шушенская);
- совместная добыча полезных ископаемых (золота, россыпных металлов, нефти, НСМ);
- активная хозяйственная деятельность человека (вырубка лесов, распашка земель, забор воды на сельскохозяйственные и прочие нужды);
- строительство различных гидротехнических сооружений (причалы, дамбы);
- дноуглубительные работы.

Дноуглубительные работы проводятся на р. Енисей регулярно. На устьевом участке Енисея ежегодно извлекается порядка 1 млн. м³ грунта. Из-за приливов и штормов в устье реки дноуглубление требуется чаще, чем в среднем течении.

Добыча НСМ в устье Енисея официально не ведется из-за экологических ограничений, сложности природных условий и статуса зоны как части Северного морского пути. Однако работы по добыче НСМ могут проводиться локально по согласованию с Росморречфлотом и Администрацией Северного морского пути. К сожалению, имеет место и нелегальная деятельность.

К основным факторам, являющимися причиной активных русловых деформаций, относят:

- 1) Приливно-отливные явления: приливы Карского моря достигают высоты 0,5-1,2 м и распространяются вверх по Енисею на 600-800 км. Последствия: обратное течение во время приливов, которое сопровождается переносом морских наносов в устье.
- 2) Аккумуляция наносов, которые выносятся Енисеем в устье – до 10 млн. тонн взвешенных наносов в год.
- 3) Ледовые процессы: весной ледоход вызывает заторы льда, что сопровождается локальным подъемом уровня воды и размывом берегов.
- 4) Сгонно-нагонные явления: сильные северные ветра осенью поднимают уровень воды до 2-3 м, вызывая эрозию берегов.

Для более детального анализа русловых деформаций был выполнен анализ совмещенных и сопоставленных планов устьевого участка р. Енисей. В качестве планового материала использовались спутниковые карты за 1984г., 2000г. и 2020г. Наиболее активные русловые деформации отмечаются на участке пос. Казанцево-пос. Караул, пос. Караул-пос. Мунгуй.

Исследование особенностей разработки месторождений НСМ в дельтах и устьях рек в условиях Крайнего Севера было выполнено на примере карьера НСМ «Топкий», расположенном на 147 км от устья р. Енисей. Месторождение расположено в мелководной, правобережной части русла протоки Каменный Енисей, в 1,1 км восточнее о. Топкий.



Естественные глубины на судовом ходу в районе расположения карьера составляют порядка 15 м.

Основным материалом добычи на месторождении является песок. Средняя мощность полезной толщи составляет 9,16 м. Подсчет запасов НСМ в контуре карьера был выполнен методом геологических блоков общее количество составляет 2616 тыс. м³. Всего выделено 7 блоков (сезонов) отработки объемом 340 тыс. м³ (рис. 2).

Основным способом разработки месторождения принят веерный способ папильонирования. Подводная разработка месторождения ведется свободным всасыванием с помощью гидравлического рыхлителя, работающего по принципу гидромонитора. При создании карты намыва, т.е. при намыве штабеля песка, применяется картвая схема, которая предполагает наличие прудка-отстойника и водосбросного колодца (рис. 3).



Рисунок 2 – Разбивка карьера на блоки (сезоны) отработки



Рисунок 3 – Технология создания карты намыва

Конструктивные предложения по организации добычи НСМ в условиях Крайнего Севера (на примере «Карьер Топкий» в дельте р. Енисей)

С учетом короткого периода разработки карьеров НСМ в условиях Крайнего Севера (100-120 суток) важным становится не только добыча, но и заготовка (хранение) добытого материала. Чаще всего его заготовка и хранение осуществляется на картах намыва. В этом случае важным является устройство системы водоотведения, в том числе и талых вод. Грамотная организация водоотвода определяет в том числе устойчивость береговой полосы в районе работ, а также количество грунта, которое может быть вынесено вместе с талыми водами в русло реки и аккумулироваться в ложе русла, создав проблемы для судоходства.

С учетом этого (на примере карьера «Остров Топкий») могут быть предложены следующие конструктивные решения, которые могут минимизировать негативное влияние работ по устройству карты намыва.

При создании карты намыва:

1. Водоотводные каналы и зумпфы – это технические решения, которые применяются для организации водоотвода поверхностных и талых вод с территории карьерного поля. Суть идеи состоит в устройстве дренажных водоотводных каналов с зумпфом по периметру карьерного поля для осуществления водоотвода в летний период, еще на фазе выполнения буровзрывных работ в зимний период.

2. Постоянное передвижение бульдозера для «выжима» поверхности карты намыва.

Для предотвращения промерзания пульпопровода:

1. Разработка пионерных троп от водоема до карты намыва.

2. Укладка труб в низинах или болотистой местности на бревна и металлические трубы.

3. В низких точках трубопровода врезка кранов для спуска воды.

При организации работ в карьере:

1. Утепление берега вблизи карьера ледовоздушной шубой.

2. Применение потокообразователей вокруг земснаряда и плавучего пульпопровода.

Основные выводы

Таким образом, в ходе выполненных исследований были решены следующие задачи:

1. Выполнен анализ современного состояния вопросов добычи НСМ из обводненных месторождений в условиях Крайнего Севера.

2. Изучены особенности технологии добычи НСМ из обводненных месторождений в условиях Крайнего Севера.

3. Дана характеристика современному состоянию устьевому участку р. Енисей, выполнен анализ русловых деформаций.

4. Исследованы особенности разработки месторождений НСМ в дельтах и устьях рек в условиях Крайнего Севера (на примере карьера «Топкий»).

5. Разработаны конструктивные предложения по организации добычи НСМ на устьевом участке.

Список литературы:

1. Гагаев С. Ю. Проблемы и перспективы развития внутреннего водного транспорта в рос. Леванов, Н.И. Гидромеханизация на полуострове Ямал [Текст] / Н.И. Леванов. — Гидротехника, 2012г. — 46 с.

2. Штин, С.М. Роль гидромеханизации в сохранении и улучшении состояния окружающей природной среды [Текст] / С.М. Штин - М.: Транспорт, 2001г. — 6 с.

3. Шестова, М. В. Современные подходы к оценке влияния добычи нерудных строительных материалов (НСМ) на гидрологический режим речного потока [Текст] / М. В. Шестова, А. В. Погодин. — Н. Новгород: Издательство ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2006. — 5 с.

4. Бессонов, Е.А. Результаты научно-технического обоснования интенсификации гидромеханизированной добычи строительных песков из озерных месторождений Заполярья. / Бессонов Е.А. - М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. МГГУ. — 2007. — 51 с.

5. Бессонов, Е.А. Особенности производства гидромеханизированных работ в условиях Крайнего Севера. / Бессонов Е.А. — М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. МГГУ. - 2004г. — 44 с.

6. СТО 52.08.31-2012 Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. - СПб.: Изд-во «Глобус», 2012. - 140 с.

7. СП 407.1325800.2018 Земляные работы. Правила производства способом гидромеханизации. — Москва.: Изд-во стандартов, 2018г. — 54с.

