

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА, ОСВАИВАЕМОЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ НЕФТЕДОБЫЧИ**

**Чемус А. А.<sup>2</sup>, Красильников П. А.<sup>1</sup>, Пенский О. Г.<sup>2</sup>, Гершанок В. А.<sup>2</sup>, Карасева Т. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Естественнонаучный институт ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия (614990, г. Пермь, ул. Генкеля, 4), chisp@mail.ru*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВПО Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия (614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15), kafedra.ingeo@gmail.com*

---

В статье приведены сведения о инженерно-геологическом строении территории и геоэкологических условиях строительства объектов нефтяного месторождения в прибрежной зоне акватории. Рассмотрены основные способы улучшения свойств торфов и илов в инженерно-геологическом разрезе площадки и временного проезда на примере Зырянской структуры. Доказано, что оптимальным способом мелиорации слабых грунтов является предпостроечное уплотнение специфических грунтов намывной песчаной толщей. Для осуществления этих мероприятий выполнены расчеты по величине деформаций толщи слабых грунтов, а для трассы автодороги оценена несущая способность этой толщи с учетом песчаной насыпи и веса автотехники. Приведены результаты оценки устойчивости насыпи временного проезда и расчет конечной осадки торфов и илов в разрезе при формировании насыпи. Дана оценка геоэкологических условий прибрежной части водохранилища и рекомендации по их мониторингу.

---

Ключевые слова: объекты нефтедобычи, Камское водохранилище, прибрежная зона, инженерно-геологические условия, геоэкологические условия.

## **GEOTECHNICAL AND GEOECOLOGICAL CONDITIONS OF COASTAL KAMA RESERVOIR USED FOR THE DEVELOPMENT OF OIL DEPOSITS**

**Chemus A. A.<sup>2</sup>, Krasilnikov P. A.<sup>1</sup>, Penskiy O. G.<sup>2</sup>, Gershanok V. A.<sup>2</sup>, Karaseva T. V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Natural Sciences of the Perm State University, National Research, Perm, 614990, Genkelya str., 4, chisp@mail.ru*

<sup>2</sup>*FGBOU VPO «Perm State University», National research», 614990, Perm, Bukireva str. 15; kafedra.ingeo@gmail.com*

---

The article provides information on engineering geology and geo-environmental site conditions construction oilfield in offshore waters. The key methods for improving the properties of peat and silt in the engineering-geological context of the site and the time of passage example Zyrjanskaja structure. It is proved that the best way to soft soil reclamation is preliminary seal specific soils alluvial sand stratum. To implement these measures, calculations on the amount of strain thickness of weak soils, and for highway road estimated carrying capacity of the column with the sand mounds and weight of vehicles. The results of the evaluation of the stability of temporary embankment travel and calculating the final draft of peat and silt in the context of the formation of the mound. The estimation of the coastal area of geo-ecological conditions of the reservoir and recommendations for monitoring.

---

Keywords: oil deposits, Kama Reservoir, the coastal zone, engineering geology, geo-ecological conditions.

За более чем 80-летний период разведки на территории Пермского края открыто 222 месторождения нефти. В настоящий момент большая их часть находится на заключительных стадиях разработки. Для поддержания ежегодного уровня добычи приходится вводить в эксплуатацию новые месторождения. К сожалению, наиболее перспективные объекты со значительными запасами нефти находятся на территориях, где освоение связано со значительными трудностями. Это территория Верхнекамского месторождения калийных солей и акватории Камского и Воткинского водохранилищ. В статье приведены сведения о

инженерно-геологическом строении территории строительства объектов нефтяного месторождения в прибрежной зоне акватории Камского водохранилища (рис. 1). Рассмотрены основные способы улучшения свойств торфов и илов в инженерно-геологическом разрезе площадки и временного проезда на примере Зырянской структуры.

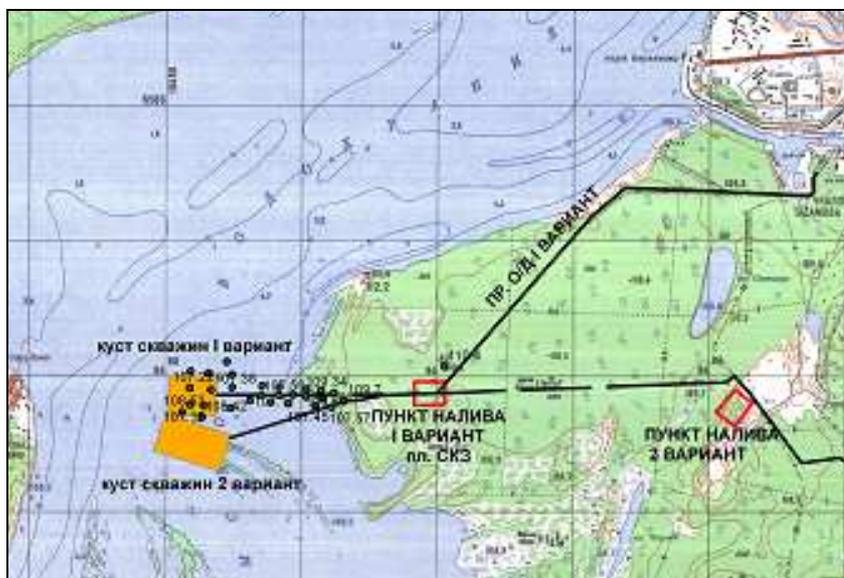


Рисунок 1. Местоположение объектов нефтедобычи

Участок изысканий представляет собой пологую заболоченную равнину с абсолютными отметками 106,69–107,94 (Балтийская система высот).

Площадь расположена в 650–700 м от левого берега Камского водохранилища. Между ней и берегом проектируется устройство дамбы (насыпи) с водопропускным сооружением и временная автодорога (рис. 2).

Геологическое строение до глубины 10 м представлено четвертичными аллювиально-биогенными и аллювиальными отложениями: ил (мощностью 0,5–0,8 м), торф (мощностью 1,7–5,6 м), глина мягкопластичная (вскрытая мощность 2,0 м) и песок средней крупности (7,0–9,5 м).

В пределах участка изысканий по данным буровых работ, подтвержденных лабораторными испытаниями, встречены торфы и илы, которые относятся к специфическим грунтам.

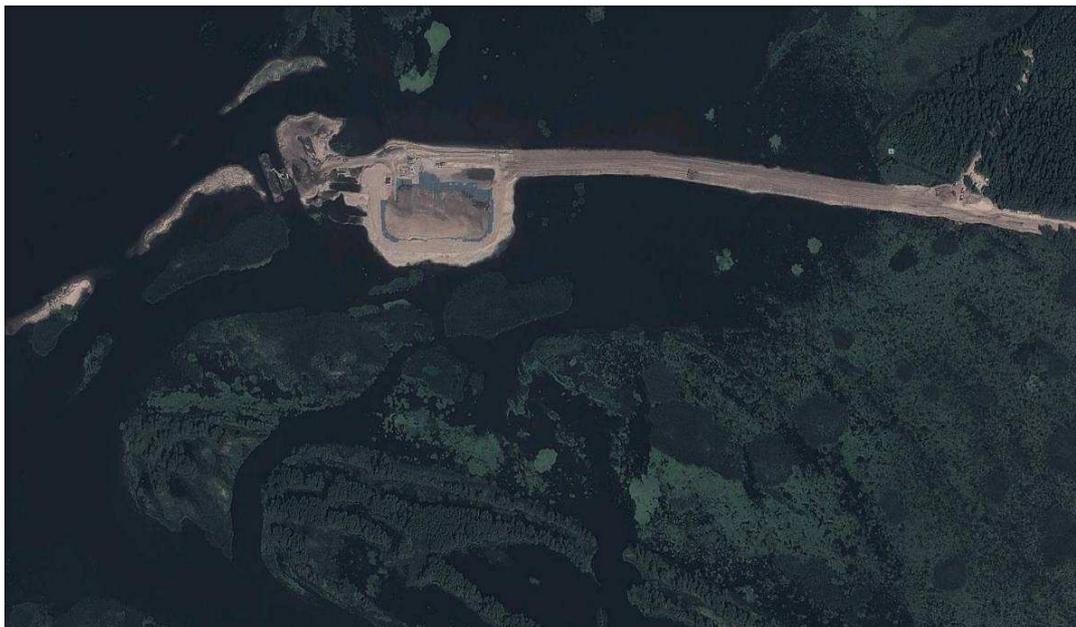


Рисунок 2. Отсыпаемая площадка в акватории Камского водохранилища  
(Google Earth, снимок 2011 г.)

Торф – органический грунт, образовавшийся в результате естественного отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности при недостатке кислорода и содержащий 50 % и более органических веществ.

Торф встречен на площадках и трассах:

- на кустовой площадке (I вариант), мощность слоя 0,2–0,7 м;
- на площадке под проектируемый пункт налива нефти (I вариант), мощность 2,7–3,2 м;
- на кустовой площадке (II вариант) вскрыт скважиной № 120 в северной прибрежной части острова, мощность 0,5 м;
- на площадке под проектируемый пункт налива нефти (II вариант) в западной части площадки, мощность 3,0–3,2 м;
- на участке мостового перехода вскрыт скважинами на акватории водохранилища, мощность 0,8–2,3 м;
- Торф черный, коричневатого-черный, древесно-травяной, сильноразложившийся, реже среднеразложившийся нормальнозольный и высокозольный насыщенный водой. Мощность торфа составляет от 0,2 до 6,3 м. Торф в основном открытого типа, встречен под почвенно-растительным слоем и илом (на акватории водохранилища).

На участках распространения болот в торфах проводились полевые опытные испытания пенетрометром для определения модуля деформации и сдвигомером-крыльчаткой СК-10 для определения удельного сцепления.

Коэффициент консолидации для торфа равен  $1 \text{ м}^2/\text{год}$  согласно таблице Ж.1 СП [5].

Ил – водонасыщенный современный осадок водоемов, образовавшийся при наличии микробиологических процессов, имеющий влажность, превышающую влажность на границе текучести, и коэффициент пористости более 0,9.

При изысканиях на акватории Камского водохранилища на дне вскрыт ил пресноводный супесчаный, коричневатого-черный, с корнями водных растений, с содержанием органики 8–11 %, в период изысканий в феврале-марте сезонно-мерзлый. Мощность ила составляет 0,4–0,8 м.

Ил встречен на площадках и трассах:

- на кустовой площадке (I вариант), мощность слоя 0,5–0,8 м;
- на кустовой площадке (II вариант) вскрыт скважиной № 120 на акватории водохранилища, мощность 0,5 м;
- на участке мостового перехода вскрыт скважинами на акватории водохранилища, мощность 0,4–0,5 м;

В период дополнительных изысканий на участке мостового перехода в августе 2010 г. были выполнены полевые опытные испытания илов пенетрометром и сдвигомером-крыльчаткой СК-10.

Торфы и илы, согласно п. 6.1.3 [5], являются малопригодными для строительства и в качестве оснований проектируемых сооружений не рекомендуются.

При проектировании и строительстве на торфах и илах рекомендуется проведение специальных мероприятий: устройство дренажа; уплотнение основания временной или постоянной нагрузкой с устройством дренажа; выторфовка линз или слоев торфа с заменой его минеральным грунтом – на участках развития торфов с мощностью менее 2,0 м или устройство фундаментов ниже глубины залегания торфа. На участках развития торфа с мощностью более 2,0 м рекомендуются свайные фундаменты, либо устройство фундаментов (столбчатых, ленточных и т. п.) на песчаной, гравийной, щебеночной подушке.

Стандартными методами мелиорации торфяных залежей (в данном случае и илов) по «Методике...» [1], основанной на опыте освоения территорий р. Кама в Пермском крае, являются четыре основных способа улучшения свойств.

1. **Предпостроечное осушение торфяных грунтов.** Достигается укладкой дренажной сети по минеральному дну (поверхности между торфом и минеральным грунтом), за счет которой происходит понижение уровня грунтовых вод, что приводит к улучшению свойств торфяных грунтов. Данный метод технически сложен и экономически дорог;

2. **Предпостроечное уплотнение грунтов.** Достигается пригрузочным слоем песка, что создает устойчивые платформы для строительно-монтажных работ, устройства временных дорог, работы различных строительных механизмов, складирование конструкций и материалов, а в дальнейшем и обустройства фундаментов строений и сооружений. При укладке песка необходимо предусмотреть послойное уплотнение. Процесс консолидации торфа проходит в период от 8 до 18 месяцев, может быть ускорен за счет применения вертикальных дрен или электроосмоса;

3. **Метод замены слабых торфяных грунтов** применяется при незначительных по объему работах, в частности, в основании сооружений и при глубине торфяной толщи менее 3 м. Замена торфяных грунтов под сооружениями упрощает устройство фундаментов, подземных коммуникаций, повышает качество дорог. Полная замена торфяных грунтов песчаными – метод дорогостоящий, трудоемкий, требующий большого количества земляных машин и грузового транспорта. Объем земляных работ, как показывает практика, увеличивается в 2–3 раза по сравнению с объемами работ, необходимыми, например, при способе пригрузки (предпостроечном уплотнении грунтов);

4. **Физико-химические методы технической мелиорации** торфяных залежей. Чаще всего применяются электролиты, регулирующие прочностные и деформационные свойства торфяных систем или же цементы для закрепления грубодисперсных торфяных грунтов.

Оптимальным способом мелиорации слабых грунтов было принято сочетание метода предпостроечного уплотнения торфяных грунтов намывной песчаной толщей.

Для осуществления этих мероприятий необходимо выполнить расчеты по величине деформаций толщи слабых грунтов, а для трассы автодороги проверить несущую способность этой толщи с учетом песчаной насыпи и веса автотехники.

Осадка была рассчитана по формуле 6.18. СП [4]:

$$s = \frac{3ph}{3E + 4p}, \quad (1)$$

где  $p$  – давление песчаной насыпи на поверхность органо-минерального и органического грунта, кПа;  $h$  – его толщина, м;  $E$  – модуль деформации грунта при полной влагоемкости, кПа.

Для проектируемой площадки конечная осадка торфа и ила составила 0,4–0,6 м. В течение первых двух месяцев осадка будет составлять 0,2–0,4 м, дальнейшая осадка в 0,1 м произойдет в последующие 4 месяца. В течение периода эксплуатации осадки ила и торфов прогнозируются менее 0,1 м, что допустимо по СП [4].

Результаты расчета конечной осадки грунтового основания, вследствие ее большой величины, исключают возможность эксплуатации дороги в период консолидации грунтового основания, сложенного слабыми грунтами. Осадка на участке дороги, на котором в геологическом строении присутствует слой торфа мощностью 5,6 м, составляет 1,8 м. К дополнительным мерам, позволяющим уменьшить период консолидации грунтов, следует отнести обустройство вертикальных дрен в толще слабых грунтов.

Оценка устойчивости основания песчаной насыпи, сложенного слабыми грунтами (торфами и илами), была выполнена в соответствии с п.п. 3.26 – п.п.3.39 «Пособия по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах» [3].

При расчете коэффициента безопасности  $K_{без}$  необходимо учитывать динамический характер нагрузки и возникновение колебаний от веса проезжающих по автодороге машин. При высоте насыпи в основании дороги более 2,5 м колебания затухают и при расчетах ими можно пренебречь. По результатам вычисления  $K_{без}$  определен тип основания по устойчивости.

Критерий устойчивости определяется выражением:

$$K_{без} = \frac{P_{без}}{P_{расч}} \geq 1, \quad (2)$$

где  $K_{без}$  – коэффициент безопасности;  $P_{без}$  – безопасная нагрузка, отвечающая предельной величине внешней нагрузки на основание, вызывающей возникновение предельного состояния по сдвигу в наиболее опасной точке основания;  $P_{расч}$  – расчетная величина внешней нагрузки, определяемая для насыпи трапецеидальной формы.

Результат расчета устойчивости основания, сложенного слабыми грунтами, выполненный для трассы проектируемой автодороги, гарантирует ее устойчивость, преобладающими деформациями будут являться осадка (сжатие) грунтов. Таким образом, эксплуатация автодороги возможна по расчетам несущей способности, но по деформациям ни автодорога, ни площадка не могут эксплуатироваться до окончания периода консолидации слабых грунтов.

Для окончательных расчетов по несущей способности и деформациям фундаментов проектируемых сооружений, а также прочих расчетов, в которых участвуют прочностные и деформационные характеристики (сцепление, угол внутреннего трения, модуль деформации), характеристики физических свойств (плотность, влажность, пористость), необходимо провести дополнительные изыскания.

Одновременно производилась оценка современного состояния геологической среды и приповерхностной гидросферы.

Воздействие на поверхностные и подземные воды проявляется в возможном их загрязнении, а также в водопотреблении и водоотведении. Воздействие на поверхностные и подземные воды может проявляться при проведении строительно-монтажных работ и при эксплуатации проектируемых сооружений.

Вся территория намечаемого строительства расположена в незащищенной зоне, для которой характерна малая мощность зоны аэрации и большая доля песчанистых отложений в ее разрезе. Это, в свою очередь, требует разработки и строгого соблюдения природоохранных мероприятий при строительстве объектов, которые позволят исключить загрязнение приповерхностной гидросферы.

Проектируемая искусственная площадка куста скважин № 1 и трасса коммуникаций от куста скважин до берега расположены в мелководной затапливаемой части Камского водохранилища. Согласно гидрологическим расчетам, с мая по ноябрь данный участок затоплен.

При производстве работ по отсыпке площадки острова и дамбы под коммуникации на водные ресурсы будет происходить воздействие в виде привноса взвешенных веществ. Для определения границ распространения взмучивания необходимо выполнение специальных гидрологических расчетов и моделирования в рамках отдельной научно-исследовательской работы.

Также будет проявляться воздействие в виде использования акватории Камского водохранилища для строительства и размещения искусственных островов (сооружений).

Виды воздействия, связанные с привносом веществ, касаются преимущественно качественных показателей воды водных объектов и состояния их экологических систем, а использование акватории, обуславливающее изменение водного режима, влияет в основном на количественные показатели водных объектов.

Наибольшее воздействие на геологическую среду будет проявляться при проведении строительно-монтажных работ. При производстве планировки площадки, рытье траншей и нарушении плодородного слоя почв может измениться рельеф, нарушатся параметры поверхностного стока, изменятся параметры грунтов.

### **Список литературы**

1. Димухаметов М. Ш., Димухаметов Д. М. Методика инженерно-геологической оценки слабых грунтов. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. – 145 с.

2. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах (к СНиП 2.05.02-85). – М.: ФГУП «Информавтодор», 2004.
3. Пособие по составлению и оформлению документации инженерных изысканий для строительства. Ч. 2. Инженерно-геологические (гидрогеологические) изыскания. – М.: Стройиздат, 1986. – 159 с.
4. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: Госстрой России, 2004. – 137 с.
5. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. III. Правила производства работ в районах развития специфических грунтов. – М., 2000. – 93 с.

**Рецензенты:**

Ибламинов Рустем Гильбрахманович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

Середин Валерий Викторович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.