

УДК 625.731: 624.131.276

## ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ КОНСОЛИДАЦИИ ТОРФОВ В ОСНОВАНИИ АВТОДОРОГИ

Чемус А.А., Березнев В.А., Ядзинская М.Р.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет. 614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: nedra@nedra.perm.ru*

Обширные территории нашей страны, приблизительно 20 %, заболочены. Наличие в геологическом разрезе торфов и высокий уровень грунтовых вод требуют дополнительных мероприятий по улучшению свойств грунтов и, следовательно, дополнительных затрат при строительстве. В связи с этим при освоении территории предпочтение отдается более благоприятным участкам. Применение новых технологий в строительстве и мелиорации грунтов позволяет при расширении хозяйственного освоения территории задействовать неудобные заболоченные участки. Необходимо отметить, что большая часть нефтяных месторождений Западной Сибири расположена в заболоченной местности. По сравнению с минеральными (песчано-глинистыми) грунтами, торф характеризуется высокими влажностью, пористостью и сжимаемостью. Следует отметить, что вопросу времени консолидации торфов, слагающих затопляемую левобережную террасу и пойму р. Кама, уделено недостаточно внимания в научной литературе. Поэтому целью работы является оценка времени консолидации торфов для выбора технологии строительства автодороги. В статье приведен расчет времени консолидации торфов и выполнено районирование грунтов основания автодороги. В основе районирования заложен срок строительства автодороги, для выделенных таксонов приведены рекомендации.

Ключевые слова: торфы, консолидация, грунты, инженерная геология, строительство в акватории, автодорога, районирование.

## TIME EVALUATION OF THE PEATS' CONSOLIDATION IN THE HIGHWAY SUB-GRADE

Chemus A.A., Bereznev V.A., Yadzinskaya M.R.

*Perm State National Research University. 614990, Perm, Bukirev st., 15. E-mail: nedra@nedra.perm.ru*

Vast territory of our country, about 20 %, swamped. Presence in the geological section of peat and high groundwater levels require additional measures to improve soil properties and hence additional costs during construction. In this regard, during the development of the territory, preferred a more favorable sites. Application of new technologies in the construction and reclamation of soils allows the expansion of economic development of the territory, cycling uncomfortable wetlands . It should be noted that most of the oil fields in Western Siberia is located in wetlands. Compared with mineral ( sand and clay ) soils, peat is characterized by high humidity, porosity and compressibility. It should be noted that the issue of time consolidation of peat composing flooded terrace and left-bank floodplain of the river. Kama paid enough attention in the scientific literature. Therefore, the aim is to assess time consolidation of peat for selecting technology of road construction. The article presents the timing and consolidation of peat soil foundation holds zoning road. Underlying zoning laid term road construction, for selected taxa are recommendations.

Keywords: peats, consolidation, soils, engineering geology, building in the water area, highway, zoning.

Обширные территории нашей страны, приблизительно 20 % [5], заболочены. Наличие в геологическом разрезе торфов и высокий уровень грунтовых вод требуют дополнительных мероприятий по улучшению свойств грунтов и, следовательно, дополнительных затрат при строительстве. В связи с этим при освоении территории предпочтение отдается более благоприятным участкам. Применение новых технологий в строительстве и мелиорации грунтов позволяет при расширении хозяйственного освоения территории задействовать неудобные заболоченные участки. Необходимо отметить, что большая часть нефтяных месторождений Западной Сибири расположена в заболоченной местности.

По сравнению с минеральными (песчано-глинистыми) грунтами, торф характеризуется высокими влажностью, пористостью и сжимаемостью. Под нагрузкой 0,1–0,2 МПа осадка торфа составляет 30–50 %.

Изучением физико-механических свойств торфов занимались Амарян Л.С., Гусева В.И., Дрозд П.А., Зарецкий Ю.К., Морарескул Н.Н., Силкин А.М. Исследованиями их консолидации – Зарецкий Ю.К., Морарескул Н.Н.

Следует отметить, что вопросу времени консолидации торфов, слагающих затопляемую левобережную террасу и пойму р. Кама, уделено недостаточно внимания. Поэтому целью работы является оценка времени консолидации торфов для выбора технологии строительства автодороги.

**Объектом исследования** является торф, залегающий в основании участка внутри-промысловой автодороги.

В территориальном отношении часть автодороги находится в пределах акватории Камского водохранилища и в прибрежной зоне р. Кама (рис. 1, 2).

В геоморфологическом отношении участок исследований представляет собой пологую заболоченную равнину с абсолютными отметками 106,69–107,94 (Балтийская система высот), третьей надпойменной террасы р. Кама.

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

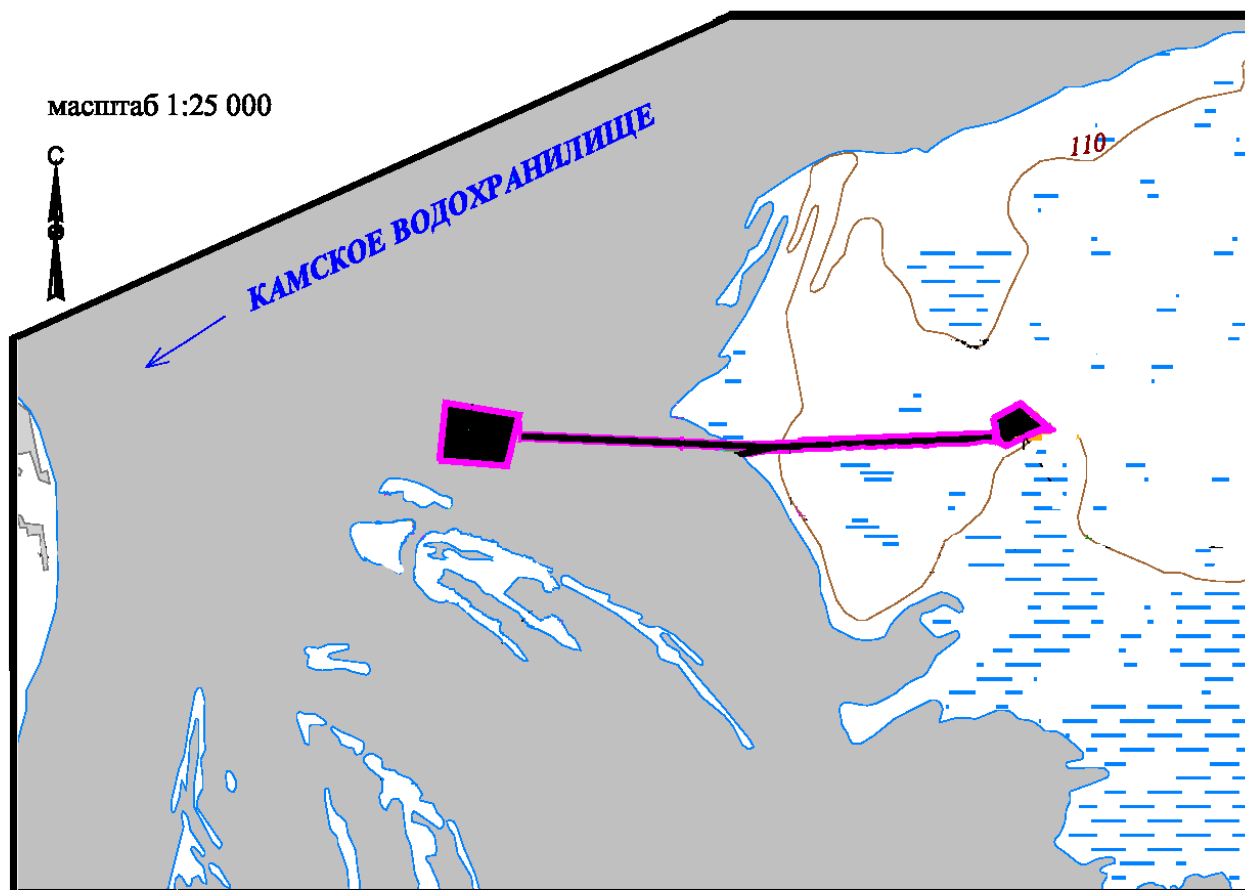


Рис. 1. Местоположение площади изучения

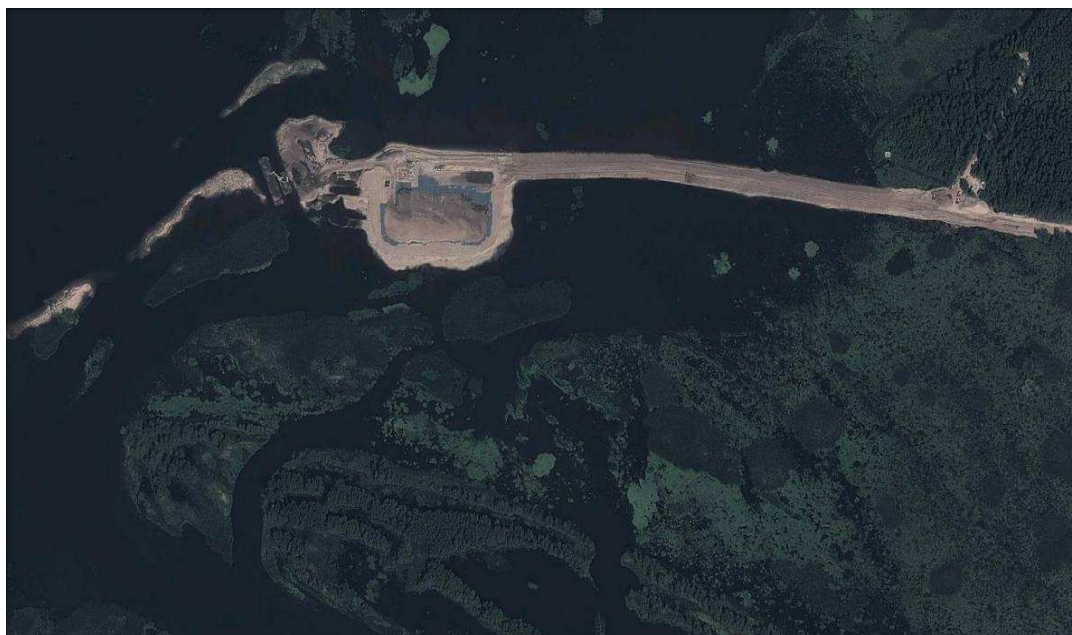


Рисунок 2 – Площадь изысканий в акватории Камского водохранилища (Google Earth, снимок 2011 г.)

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

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.

Геологическое строение, до глубины 10 м, представлено (сверху вниз) четвертичными аллювиально-биогенными и аллювиальными отложениями: торф мощностью от 0,3 до 5,6 м, глина мягкопластичная вскрытой мощностью до 2,0 м и песок средней крупности мощностью от 1,0 до 6,5 м (рис. 3).

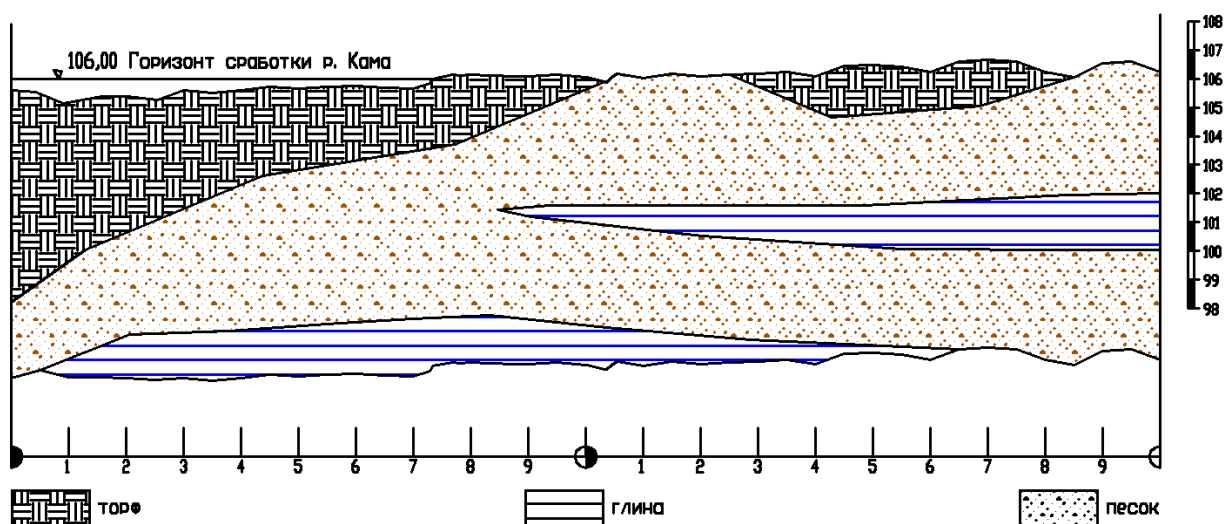


Рис. 3 – Геологический разрез

В инженерно-геологическом разрезе торф черный, коричневатый-черный, древесно-травяной, сильноразложившийся, реже среднеразложившийся, нормальнозольный и высокозольный, насыщенный водой. Торф вскрыт скважинами над песчаным грунтом (искусственно погребенный торф) и участками с поверхности.

Физико-механические свойства грунтов представлены в табл. 1.

Автомобильная дорога относится к V категории, материалом насыпи является песчано-гравийная смесь (ПГС). Высота насыпи будет определена в зависимости от величины осадки грунтов основания и, прежде всего, торфа. Время строительства – 9 месяцев, максимальное время консолидации – 6 месяцев (до степени консолидации 90 %).

Таблица 1. Физико-механические свойства грунтов

| Номенклатура<br>грунта | Влажность,<br>W, % | Плотность,<br>$\rho$ , г/см <sup>3</sup> | Модуль общей деформации,<br>E, МПа |           |
|------------------------|--------------------|--|------------------------------------|-----------|
|                        |                    |  | Нормативный                        | Расчетный |
| Торф                   | 431                | 1,04                                     | 0,15                               | 0,15      |
| Глина                  | 33,9               | 1,83                                     | 10                                 | 10        |
| Песок                  | 19,4               | 1,94                                     | 26                                 | 26        |

**Методика.** В методическом плане работа строилась следующим образом:

- обосновывалась и выбиралась расчетная модель;
- рассчитывалось время осадки торфяной залежи.

Как видно из геологического строения участка исследований, в основании автодороги залегают торф, глины и пески, а материалом насыпи является ПГС, поэтому при расчете используется модель двусторонней фильтрации, и путь фильтрации равен половине мощности сжимаемой толщи.

Время, необходимое для достижения заданной степени консолидации  $Q_v$ , определяется по формуле [10]:

$$t = T_v \cdot \frac{H^2}{c_v}$$

где  $T_v$  – фактор времени, принимаемый по табл. 110 «Пособия по проектированию оснований зданий и сооружений»;

$H$  – путь фильтрации сжимаемой толщи слабого грунта, равный при односторонней фильтрации мощности слоя;

$c_v$  – коэффициент консолидации грунта при вертикальном дренировании, м<sup>2</sup>/год.

Коэффициент консолидации для торфа равен  $c_v = 1$  м<sup>2</sup>/год, согласно табл. Ж.1 СП 50-101-2004 [3].

**Результаты исследований** времени консолидации для степени консолидации 90 % и 99 % при нагрузках  $P = 0,5$  кг/см<sup>2</sup> (от насыпи) приведены в табл. 2.

Таблица 2. Время консолидации толщи специфических грунтов заданной мощности

| Мощность сжимаемой толщи | Время консолидации при    |                           |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                          | степени консолидации 90 % | степени консолидации 99 % |
| 0,5                      | 1 месяц                   | 1 месяц                   |
| 1,0                      | 3 месяца                  | 5 месяцев                 |
| 1,5                      | 6 месяцев                 | 12 месяцев                |
| 2,0                      | 10 месяцев                | 22 месяца                 |
| 2,5                      | 16 месяцев                | 34 месяца                 |
| 3,0                      | 23 месяца                 | 49 месяцев                |
| 3,5                      | 31 месяц                  | 66 месяцев                |
| 4,0                      | 41 месяц                  | 86 месяцев                |
| 4,5                      | 52 месяца                 | 109 месяцев               |
| 5,0                      | 64 месяца                 | 135 месяца                |
| 5,5                      | 77 месяцев                | 163 месяца                |
| 6,0                      | 92 месяца                 | 194 месяца                |
| 6,5                      | 108 месяцев               | 228 месяцев               |

Из табл. 2 видно, что при степени консолидации грунтового основания автодороги 90 % время консолидации при мощности торфа 5,6 м составляет более 6 лет. Такое положение не отвечает требованиям строительства автодороги (срок строительства определен в 9 месяцев). Таким образом, уплотнять грунты основания автодороги насыпью на всем участке строительства не целесообразно.

Для выбора технологии консолидации грунтов проведено районирование трассы автодороги по методикам, изложенным в работах [2, 7, 9, 10]. В качестве классификационного показателя использован критерий мощности сжимаемой толщи  $K_p$ . Это обусловлено тем, что он определяет время консолидации грунтов основания. Граничные условия выбираются, исходя из времени консолидации. При строительстве автодороги за 9 месяцев грунтовое основание должно уплотниться за 6 месяцев. Поэтому, исходя из табл. 2, выбирается  $K_p = 1,5$  м сжимаемой толщи.

В результате районирования выделено 2 таксона. Первый таксон характеризуется следующими инженерно-геологическими условиями: мощность сжимаемой толщи ( $m_c$ ) меньше

1,5 м, время консолидации  $t = 6$  месяцев. Второй таксон характеризуется  $m_c > 1,5$  метра и  $t > 6$  месяцев. Построена карта районирования.

**Рекомендации.** Для таксона 1 технология уплотнения грунтового основания сводится к формированию насыпи из ПГС. Насыпь передает нагрузку  $P = 0,5$  кг/см<sup>2</sup> грунт. Осадка торфа и ила по результатам расчетов 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 [3].

Для таксона 2 необходимо буронабивными сваями проходить всю сжимаемую толщу, формировать ростверк и по нему укладывать полотно автодороги.

Необходимо отметить, что использование силикатных растворов или удаление торфа в основании проектируемой автодороги не применимо в рассматриваемой водоохраной зоне р. Кама.

### **Выводы**

Выполнена предварительная оценка времени консолидации торфов в основании автодороги V категории. В соответствии с ограничением по времени строительства (9 месяцев) и срока консолидации торфов (6 месяцев) проведено районирование, выделены два таксона. Для таксона 1 технология уплотнения грунтового основания сводится к формированию насыпи из ПГС в срок, соответствующий времени строительства. Для таксона 2 рекомендовано применение буронабивных свай с обустройством ростверка и последующим возведением автодорожной насыпи.

### **Список литературы**

1. Амарян Л.С. Исследование фильтрационной консолидации сильно сжимаемых оснований // Сборник материалов всесоюзного совещания по строительству на слабых водонасыщенных грунтах. – Таллин, 1965.
2. Галкин В.И., Середин В.В., Лейбович Л.О., Копылов И.С., Пушкарева М.В., Чиркова А.А. Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. - № 6. – С. 4-7.
3. Гусева В.И. Строительные свойства торфяных грунтов // Автомобильные дороги. – 1966. - № 2.
4. Заяц В.Н., Шибут А.И. Вторичная консолидация в процессе уплотнения болотных грунтов. В сб.: Строительство на торфяных грунтах. Ч. I. – Калинин, 1972. – С. 122-127.
5. Кац Н.Я. Болота земного шара. – М.: Наука, 1971. – 295 с.

6. Морарескул Н.Н. Основания и фундаменты в торфяных грунтах. – Л.: Стройиздат, 1979. – 80 с.
7. Середин В.В., Галкин В.И., Пушкарева М.В., Лейбович Л.О., Сметанин С.Н. Вероятностно-статистическая оценка инженерно-геологических условий для специального районирования // Инженерная геология. – 2011. - № 4. – С. 42-47.
8. Середин В.В., Галкин В.И., Растегаев А.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В. Прогнозирование карстовой опасности при инженерно-геологическом районировании территорий. // Инженерная геология. – 2012. - № 2. – С. 40-45.
9. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Новосибирск. – 2013. - № 3. – С. 85-90.
10. Середин В.В., Пушкарева М.В., Лейбович Л.О., Бахарева Н.С. Методика инженерно-геологического районирования на основе бальной оценки классификационного признака // Инженерная геология. – 2011. - № 3. – С. 20-25.

**Рецензенты:**

Ибламинов Р.Г., д.г.-м.н., заведующий кафедрой минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

Середин В.В., д.г.-м.н., профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.