

4  
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ  
On-line версия журнала на сайте  
<http://www.elmag.uran.ru>

# БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН

*Falco vespertinus* Linnaeus, 1766  
Кобчик  
Черкасов А.Ю.



2020

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ОРЕНБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

© А.Ю. Владова, Ю.Р. Владов, 2020

УДК 504.43

А.Ю. Владова<sup>1,2</sup>, Ю.Р. Владов<sup>3, 4</sup>

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

<sup>1</sup> Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия

<sup>3</sup> Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН (Отдел геоэкологии), Оренбург, Россия

<sup>4</sup> Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Получена описательная статистика для шести количественных и одного категориального признака. Установлены законы распределения для трех из семи признаков, а также значимая линейная корреляция двух пар признаков. Выявлено, что большая часть полосы отведения магистрального нефтепровода представляет собой совокупность тонких геологических слоев.

*Ключевые слова:* описательная статистика, мерзлота, полоса отведения, большие данные, трасса магистрального нефтепровода.

---

---

A.Y. Vladova<sup>1,2</sup>, Y.R. Vladov<sup>3, 4</sup>

## REGIONAL FEATURES OF MONITORING THE OIL TRUNK PIPELINE ROUTE

<sup>1</sup> Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>2</sup> V.A. Trapeznikov Institute of management problems, RAS, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Orenburg Federal Research Center, UB RAS (Department of Geoecology), Orenburg, Russia

<sup>4</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia

*Annotation.* Descriptive statistics were obtained for six quantitative and one categorical feature. The distribution laws for three of the seven features are established, as well as a significant linear correlation of two pairs of features. It has been revealed that most of the oil trunk pipeline diversion strip is a collection of thin geological layers.

*Keywords:* descriptive statistics, permafrost, diversion zone, big data, oil trunk pipeline route.

## Введение

Транзитная инфраструктура имеет решающее значение для развития нефтяной отрасли. Рассматриваемый многокилометровый нефтепровод транспортирует сырую нефть с месторождений северной Сибири. Трубопровод преодолевает водные преграды, проходит через сложные грунты и водно-

болотные угодья, которые занимают значительную часть маршрута, что потребовало строительства большого количества мостов и водных переходов.

Глобальное потепление оказывает огромное влияние на многолетнюю мерзлоту в регионе. Таблица 1 отражает описание грунта полосы отведения и его характеристик.

Таблица 1. Описание и характеристики грунта полосы отведения

Плюсовка, м	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Описание грунта
19.8	0.1	0.1	Суглинок тугопластичный
19.8	3.5	3.4	Суглинок твердый
19.8	6	2.5	Песок пылеватый насыщенный водой
19.8	8.3	2.3	Песок средней крупности насыщенный водой
19.8	17	8.7	Мох
26.6	0.1	0.1	Песок мелкий средней степени водонасыщения
26.6	3	2.9	Песок мелкий насыщенный водой
26.6	5.4	2.4	Супесь пластичная
26.6	9.5	4.1	Песок мелкий насыщенный водой
26.6	17	7.5	Суглинок тугопластичный

Цель расширенного анализа (включающего оценку категориальной переменной) заключается в повышении эффективности функционирования магистрального нефтепровода за счет кластеризации участков полосы отведения нефтепровода и выявления признаков, которые будут использованы в дальнейших исследованиях.

### Обзор литературы

Как указали авторы [1], «темпы и характер развития России, как в экономической, так и в геополитической сферах, во многом зависят от темпов и характера развития Сибири».

Платформа Dimensions, предоставляющая доступ к публикациям, патентам и другим источникам, выдает значительное число свежих публикаций в области инженерной криогеологии (рис. 1).

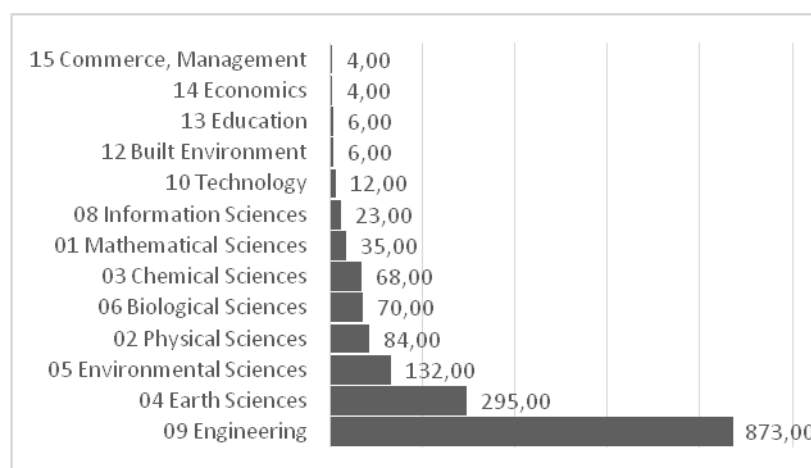


Рис. 1. Количество публикаций в каждой категории исследований.

Авторами [2] показано, что негативное воздействие строительства трубопровода на свойства грунтов в основном происходит в районах, прилегающих к полосе отведения, а зоны с нарушениями находились в траншее. Цикл восстановления почвы может быть завершён в течение шести лет после строительства. На основе модельного арктического нефтепровода, пересекающего непрерывную, прерывистую и спорадическую многолетнюю мерзлоту с севера на юг, разработана тепловая модель взаимодействия трубопровода и мерзлого грунта для изучения техногенного влияния и термической устойчивости мерзлоты [3]. В работах [4, 5] авторы изучали колебания температуры грунта с течением времени, и выяснили, что характеристики колебаний определяются свойствами почвы, климатом, глубиной и другими факторами.

Сегодня Python и R языки программирования предоставляют самые мощные библиотеки для поддержания расширенного анализа больших данных (pandas profiling, sklearn). Они предлагают необходимую функциональность, в том числе для визуализации данных (seaborn, matplotlib). Описаны инструменты для загрузки, очистки, преобразования, слияния, агрегирования и модификации набора данных [9].

### Материалы и методы

Образец данных, полученный из геологической базы, содержит 6000 записей по 7 различным признакам (табл. 2). На первом этапе исследования применена Python-библиотека *pandas\_profiling* для автоматизированного расширенного анализа данных по всем признакам [6, 7].

Таблица 2. Описание грунта полосы отведения

Признак	Тип	Диапазон	Выбросы
Дистанция, км	int64	151-358	
Пикет	float64	1517-3589	
Плюсовка, м	float64	0-102	
Глубина слоя, м	float64	0-30	30 м – 3; 29, 27, 25, 24 м - 4
Мощность о слоя, м	float64	0-24.2	24.2, 17, 16.8 – 1; 16.9 – 4; 16.5 - 2
ИГЭ элемент	float64	0-939	
Описание грунта	object	Супесь – Песок	

Для каждого признака построена гистограмма распределения, корреляция с другими признаками, сводка по отсутствующим значениям и дублированию. Гистограммы рисунка 2 показывают, что признаки глубина и мощность слоя, экспоненциально распределены (с выбросами на хвосте в случае первого признака).

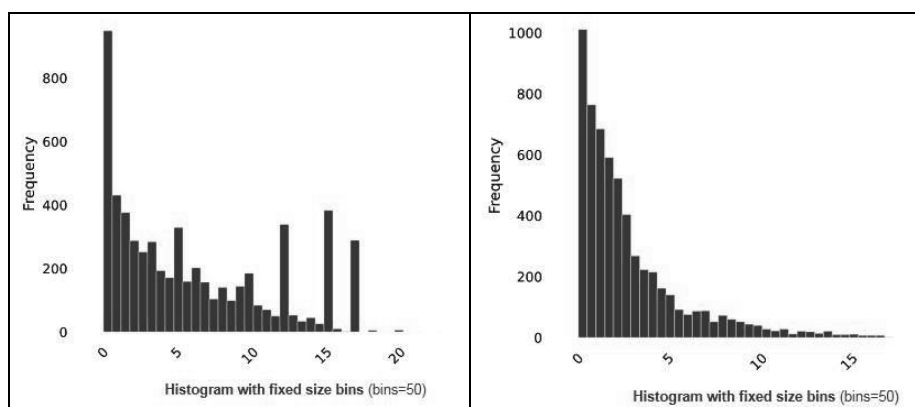


Рис. 2. Распределение глубин (слева) и мощности (справа) слоев.

Экспоненциальное распределение показывает, что наиболее частыми значениями являются значения, близкие к нулю, а также, что мы имеем дело с совокупностью тонких геологических слоев.

Распределение признака «инженерно-геологический элемент» (ИГЭ), кодирующего грунты, выглядит как биномиальное распределение (рис. 3). Имеющиеся значения отражают весь спектр за исключением твердых грунтов типа гравия и гранита.

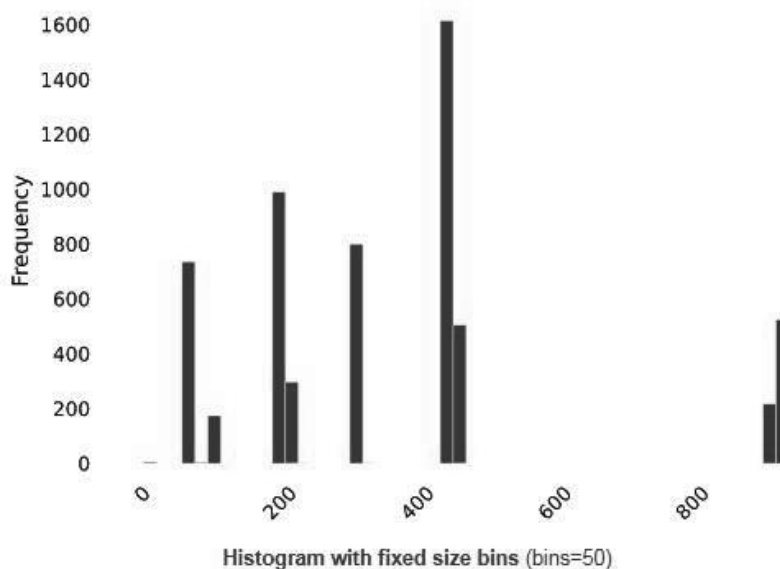


Рис. 3. Распределение типов грунта.

Согласно рисунку 4, существует значительная линейная корреляция между признаками Дистанция и Пикет, а также Мощность и Глубина слоя, что хорошо сочетается с физическим представлением процесса.

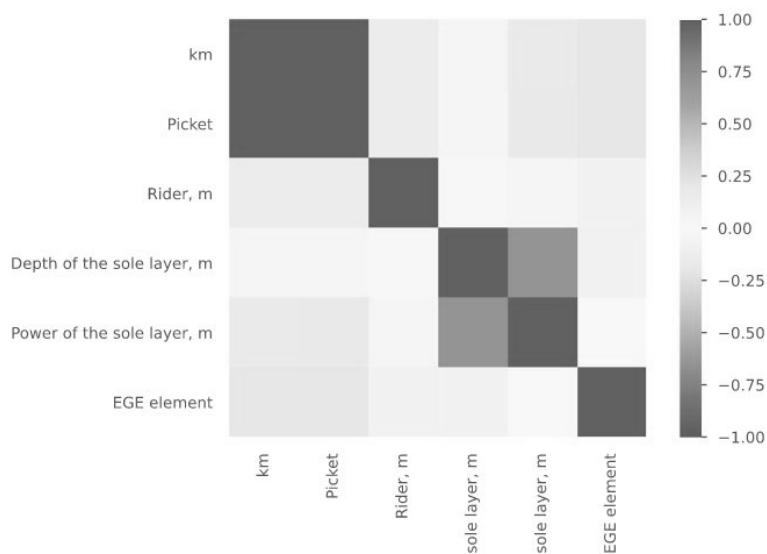


Рис. 4. Линейная корреляция признаков.

Пытаясь понять семантику категориального признака, мы изучили его значения. Рисунок 5 отражает семантическую карту признака Описание грунта, которая получена с помощью Python библиотеки WordCloud [7].

Как видно, наиболее частыми слоями являются грунт и вода (которые совместно дают грунт, насыщенный водой). Мерзлый грунт по-прежнему занимает значительное место в семантической карте.

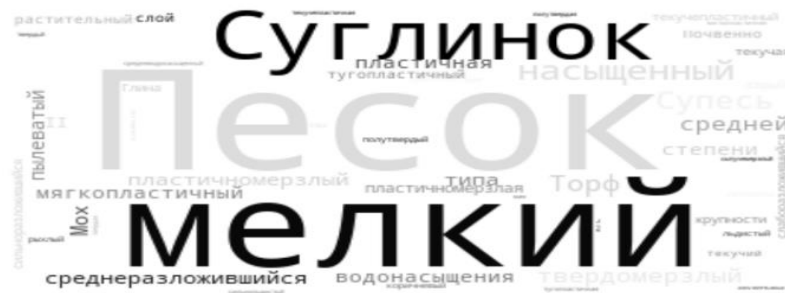


Рис. 5. Семантическая карта категориального признака.

### Результаты

Для категориального признака Описание грунта построена круговая диаграмма, отображающая соотношение различных типов грунтов (рис. 6).

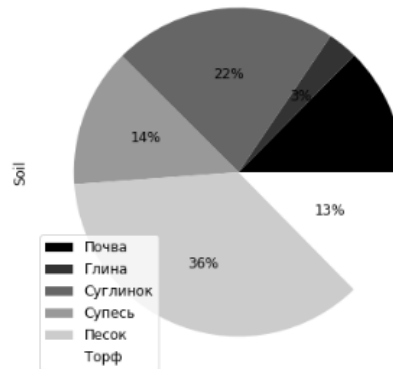


Рис. 6. Соотношение типов грунтов.

Диаграмма показывает, что наиболее часто встречается песок, и он может быть мерзлым, пластичным, насыщенным водой, пыльным. Известно, что сухой грунт имеет более низкую теплопроводность. Теплопроводность сухого песка в 3 раза меньше воды, сухого суглинка – в 4 раза, и торфа соответственно в 6 раз меньше. Однако теплопроводность увеличивается в 4-10 раз, если грунт насыщает вода. Это потому, что теплопроводность воздуха, заполняющего поры, в 28 раз меньше теплопроводности воды. Известно, что крупные частицы (галечные, гравийные и песчаные) в почве определяют большую теплопроводность (причина, почему песок проводит тепло быстрее, чем суглинок) [8].

### Обсуждение

Важным свойством грунта является меньшая способность проводить тепло сверху вниз (вертикально) по сравнению с горизонтальным направлением (вдоль полосы отведения). От этого свойства зависит глубина сезонного промерзания. Даже в пределах одной климатической зоны глубина сезонного

промерзания существенно меняется (в случае разной теплопроводности грунта). Типы грунта полосы отведения нефтепровода представлены на рисунке 7.

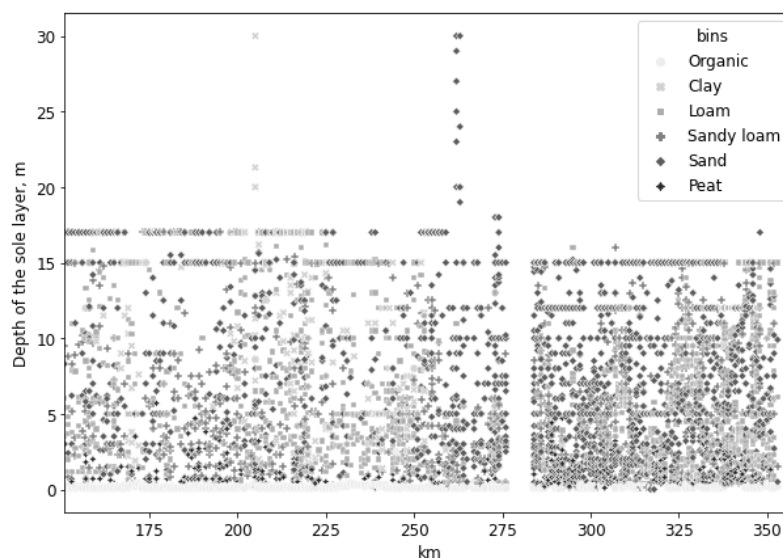


Рис. 7. Типы грунта полосы отведения нефтепровода.

Установлено, что на дистанции 280-340 км трассы наиболее часто представлен торф. Это означает, что в дальнейших исследованиях необходимо локализовать эти 60 км. Рис. 7 также показывает, что имеется пробел в данных на дистанции 275-278 км. Пропущенные данные можно восстановить путем аппроксимации имеющихся данных.

### Заключение

В результате анализа сформулирован ряд уточняющих вопросов для дальнейшего исследования: почему существует разрыв в данных на 275-278 км; можно ли отделить насыщенные водой и мерзлые слои грунта для изучения их в отдельные кластеры; необходимо ли группировать слои с учетом всей совокупности слоев или можно изучать их независимо и др. В качестве дополнительного этапа анализа будет полезно обогатить наши данные коэффициентом теплопроводности, взятым из открытых источников.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Крюков В.А., Лавровский Б.Л., Селиверстов В.Е., Суслов Н.И. Сибирский вектор развития: На основе сотрудничества и взаимодействия. Исследования по экономическому развитию России. 2020. 31: 495-504 (<https://doi.org/10.1134/S1075700720050111>)
2. Shi P., Xiao J., Wang Y.-F., Chen L.-D. The effects of pipeline construction disturbance on soil properties and restoration cycle. *Environmental Monitoring and Assessment* 186(3), 2014. - pp. 1825-1835. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3496-5>
3. Xinze Li, Jin H., Wei Y., Wen Z., Li Y., Li X. Numerical analysis of temperature fields



- around the buried arctic gas pipeline in permafrost regions. *Thermal Science*, 2020. pp. 248-248. <https://doi.org/10.2298/tsci2005212481>.
4. Ding S.J., Cheng Y.F., Lu X.L., Yang, Y.P. Monitoring and Analysis of Fine-Grained Frozen Soil Temperature and Permafrost Table for Transmission Line Foundation. *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vol. 204-208: 694-698. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.204-208.694>
  5. Владова А.Ю. Ретроспективный анализ температурного состояния почвы в информационно-измерительной системе. *Безопасность труда в промышленности*. 2016. 12: 46-53.
  6. Ismail A. How to use Pandas-Profiling on Google Colab. Retrieved October 31, 2020, from <https://medium.com/python-in-plain-english/how-to-use-pandas-profiling-on-google-colab-e34f34ff1c9f>.
  7. McKinney W. Python for data analysis: Data wrangling with Pandas, NumPy, and IPython. O'Reilly Media, Inc. 2012. 710 p.
  8. Теплопроводность и грунты. Retrieved November 1, 2020, from [https:// catalogmineral-ov.ru/cont/255.html](https://catalogmineral-ov.ru/cont/255.html).

*Поступила 30.12.2020*

*(Контактная информация:*

**Владова Алла Юрьевна** – доктор технических наук, доцент, тел. +79264739565; e-mail: [avladova@mail.ru](mailto:avladova@mail.ru);

**Владов Юрий Рафаилович** – д.т.н., профессор, заведующий лабораторией технологий управления природопользованием Отдела геоэкологии ОФИЦ УрО РАН; адрес: 460014, г. Оренбург, ул. Набережная, 29, тел. 8 (3532) 77-56-70, факс 8 (3532) 77-06-60; e-mail: [geoecol-onc@mail.ru](mailto:geoecol-onc@mail.ru)).

---

---

## REFERENCES

1. Kryukov V.A., Lavrovskii B.L., Seliverstov V.E., Suslov N.I. Siberian development vector: Based on cooperation and interaction. *Studies on Russian Economic Development* 31, 2020. pp. 495–504 (<https://doi.org/10.1134/S1075700720050111>)
2. Shi P., Xiao J., Wang Y.-F., Chen L.-D. The effects of pipeline construction disturbance on soil properties and restoration cycle. *Environmental Monitoring and Assessment* 186(3), 2014. - pp. 1825-1835. (<https://doi.org/10.1007/s10661-013-3496-5>)
3. Xinze Li, Jin H., Wei Y., Wen Z., Li Y., Li X. Numerical analysis of temperature fields around the buried arctic gas pipeline in permafrost regions. *Thermal Science*, 2020. pp. 248-248. (<https://doi.org/10.2298/tsci2005212481>)
4. Ding S.J., Cheng Y.F., Lu X.L., Yang, Y.P. Monitoring and Analysis of Fine-Grained Frozen Soil Temperature and Permafrost Table for Transmission Line Foundation. *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vol. 204-208: 694-698. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.204-208.694>
5. Vladova A.Yu. The retrospective analysis of temperature condition of soil in the information measuring system. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2016. 12: 46-53.
6. Ismail A. How to use Pandas-Profiling on Google Colab. Retrieved October 31, 2020, from <https://medium.com/python-in-plain-english/how-to-use-pandas-profiling-on-google-colab-e34f34ff1c9f>.
7. McKinney W. Python for data analysis: Data wrangling with Pandas, NumPy, and IPython. O'Reilly Media, Inc. 2012. 710 p.
8. Thermal conductivity and soils. Retrieved November 1, 2020, from [https:// catalogmineral-ov.ru/cont/255.html](https://catalogmineral-ov.ru/cont/255.html).

**Образец ссылки на статью:**

Владова А.Ю., Владов Ю.Р. Региональные особенности мониторинга трассы магистрального нефтепровода. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2020. 4. 8с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2020-4/Articles/AYV-2020-4.pdf>). DOI: 10.24411/2304-9081-2020-14002