



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№2(21)

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

МОСКВА, 2019



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам XXI международной
научно-практической конференции*

№ 2 (21)
Февраль 2019 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2019

УДК 51/53+62

ББК 22+3

НЗ4

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

НЗ4 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XXI междунар. науч.-практ. конф. – № 2 (21). – М.: Изд. «МЦНО», 2019. – 30 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2019

Оглавление	
Технические науки	4
Раздел 1. Технические науки	4
1.1. Информатика, вычислительная техника и управление	4
ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА «КАЗ ИМ. С.П. ГОРБУНОВА» С ПРИМЕНЕНИЕМ PLM – СИСТЕМЫ Перцев Никита Николаевич Хадиев Марат Разяпович	4
Физико-математические науки	12
Раздел 2. Астрономия	12
2.1. Планетные исследования	12
АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ОБЪЯСНЕНИЕ ПРИЧИН КОСМОЛОГИЧЕСКОГО КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ Акованцев Пётр Иванович	12
Раздел 3. Математика	19
3.1. Теория вероятностей и математическая статистика	19
ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ МЁРЗЛЫХ ПОРОД ДОЛИНЫ «ТУЙМААДА» Нерадовский Леонид Георгиевич	19

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА «КАЗ ИМ. С.П. ГОРБУНОВА» С ПРИМЕНЕНИЕМ PLM – СИСТЕМЫ

Перцев Никита Николаевич

*аспирант,
«КАЗ им. С.П. Горбунова» филиал ПАО «Туполев»,
РФ, г. Казань*

Хадиев Марат Рязанович

*аспирант,
«КАЗ им. С.П. Горбунова» филиал ПАО «Туполев»,
РФ, г. Казань*

В статье рассматривается проблема обеспечения интеграции и совместного использования информации, выпускаемой на всех этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ), в рамках внедрения PLM-системы на «КАЗ им. С.П. Горбунова». Применение PLM-системы позволяет обеспечить рост конкурентоспособности выпускаемой продукции и эффективности производства: повысить качество выпускаемой продукции, сократить сроки подготовки производства.

Для предприятий, имеющих наукоемкое серийное производство и длительный цикл разработки изделий, производства и эксплуатации наиболее актуальна проблема обеспечения интеграции и совместного использования информации, выпускаемой на всех этапах ЖЦИ.

«Казанский авиационный завод имени С.П. Горбунова» филиал ПАО «Туполев» («КАЗ им. С.П. Горбунова») было основан в 1932 году

в городе Казань и является одним из крупнейших предприятий авиационной промышленности России. Основное направление деятельности «КАЗ им. С.П. Горбунова» - серийное производство военных и гражданских самолетов, а также товаров народного потребления. Выпуск такой продукции в современных условиях немыслим без широкого использования информационных технологий на всех этапах ЖЦИ. Обеспечение конкурентоспособности «КАЗ им. С.П. Горбунова» связано с быстрым освоением и выпуском новых изделий, удовлетворяющих требованиям заказчиков. Сократить время вывода на рынок нового изделия и, тем самым, повышение эффективности своей деятельности, производственным предприятиям позволяет применение технологии управления жизненным циклом продукции (изделия) и информационной системы в качестве инструмента реализации технологии. Для управления жизненным циклом продукта используются PLM-системы (англ. product lifecycle management). «КАЗ им. С.П. Горбунова» для управления жизненным циклом продукции использует – пакет масштабируемых программных решений для поддержки жизненного цикла изделий, созданный на основе открытой платформы PLM Teamcenter [1, 2]. Применение PLM-системы является стратегическим направлением «КАЗ им. С.П. Горбунова», следуя которым обеспечивается рост конкурентоспособности выпускаемой продукции и эффективности производства.

«КАЗ им. С.П. Горбунова» осуществляет разработку и сопровождение конструкторских составов изделия на базе PLM-системы Teamcenter. Для проектирования электронной модели изделия (ЭМИ) используется интегрированная с Teamcenter система автоматизированного проектирования NX. На рис. 1 приведен пример организации хранения данных о детали в Teamcenter.



Рисунок 1. Архитектура хранения данных о детали в Teamcenter

ЭМИ разрабатываются с применением концепции «мастер-модель» (рис. 2), суть которой состоит в том, что любая ЭМИ созданная однажды используется в качестве исходных данных, исходная ЭМИ при этом не меняется, а используется ее ассоциативная копия. Применение концепции «мастер-модель» позволяет распараллелить работу конструкторов основного производства, конструкторов газодинамических расчетов, конструкторов оснастки, конструкторов-металлургов, программистов ЧПУ.

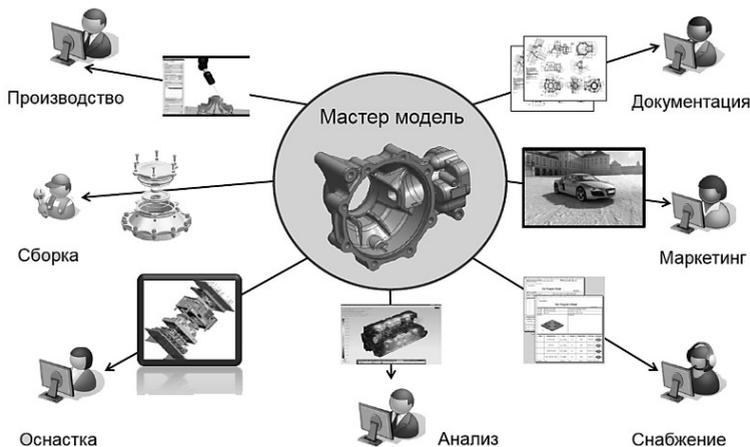


Рисунок 2. Концепция «мастер-модель»

Проектирование систем обвязки ГТД происходит в системе NX без выпуска бумажных чертежей, при этом сборка ГТД осуществляется с применением электронного макета на базе технологии интерактивных сборочных инструкций, что в свою очередь позволяет:

- Выявить ошибки на этапе проектирования;
- Отработать систему обвязки до изготовления и сборки;
- Повысить качество сборочной операции;
- Сократить затраты на изготовление и содержание макета изделия;
- Сократить использование человеческого труда.

«КАЗ им. С.П. Горбунова» разработан на базе Teamcenter единый классификатор, содержащий актуальную нормативно-справочную информацию, что позволяет сократить сроки проектирования и ошибки за счет использования неактуальной информации.

Разработка управляющих программ измерения и обработки производится с применением симуляции. «КАЗ им. С.П. Горбунова» выделяет следующие положительные эффекты от симуляции измерения и обработки:

- Визуализация движений станка и процесса измерения;
- Отладка и оптимизация программы измерения;
- Снижение времени контроля детали;
- Проверка траектории измерения на столкновение с деталью и оснасткой;
- Сохранение дорогостоящего оборудования (измерительной головки);
- Сокращение времени простоя оборудования;
- Сокращение времени на отладку управляющих программ на оборудовании (т. к. большую часть этого вспомогательного времени программист тратит на отладку управляющих программ на симуляторе CSE в программном обеспечении NX CAM вместо станка);
- Снижение вероятности аварийных ситуаций на оборудовании (т. к. управляющая программа поступает на станок уже в протестированном на симуляторе CSE виде);
- Возможность тестирования сторонних управляющих программ (например, написанных вручную) на симуляторе CSE.

При симуляции обработки в NX CAM удалось сократить общее время получения первой годной детали за счет исключения затрат времени на исправление недочетов в управляющей программе и во время проведения наладки станка с ЧПУ.

Для проектирования оснастки применяется технология «бесчертежного проектирования». Пример применения технологии представлен на рис. 3. Вся информация необходимая, для изготовления ДСЕ хранится в ЭМИ, при этом весь процесс инжиниринга выполняется без использования чертежей. В процессах изготовления используются данные из 3D-модели. Для этого, рабочие места оборудуются компьютерной техникой (планшетные компьютеры, ноутбуки, рабочие станции). Чертежи, при необходимости формируются на последнем этапе разработки, когда конструкция изделия полностью утверждена или даже прошла необходимые испытания.

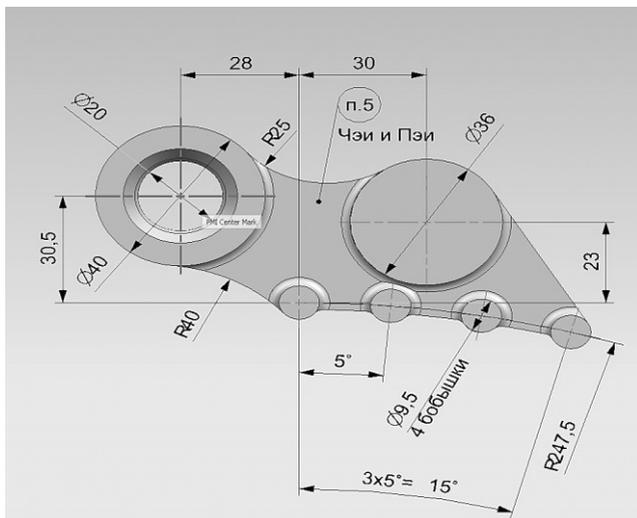


Рисунок 3. «Бесчертежная технология» проектирования

Преимущества «Бесчертежной технологии»:

- Сокращение времени на проверку документации;
- Сокращение времени на разработку УП для ЧПУ и КИМ;
- Сокращение времени за счет отсутствия необходимости оформления чертежа (по сравнению с оформлением и чертежа и модели);
- Исключение вероятности проведения изменений только в чертеже (без изменения модели);
- В модели меньше вероятности сделать ошибку и легче ее отследить и исправить, в итоге ошибок производства будет меньше, а ошибки на этапе производства самые дорогие.

Технологическая подготовка производства «КАЗ им. С.П. Горбунова» осуществляется на базе Teamcenter Manufacturing – набор компонентов, являющийся неотъемлемой частью PLM-системы Teamcenter, обеспечивающий поддержку инженерных процессов, связанных с технологической подготовкой производства [3]. Разработка межцеховых маршрутов, операционных технологических процессов (ТП), операционных маршрутов, переходов, назначение оборудования и средств технологического оснащения, расчет режимов обработки, разработка операционных эскизов, расчет трудовых норм, управление данными числового программного управления (ЧПУ) и координатно-измерительных машин (КИМ), построение циклограмм обработки. Работа в единой информационной среде обеспечивает сквозной процесс управления составом от конструкторского к технологическому,

с последующим формированием эксплуатационного состава. На рис. 4 представлена общая архитектура хранения данных конструкторского, технологического и эксплуатационного состава.

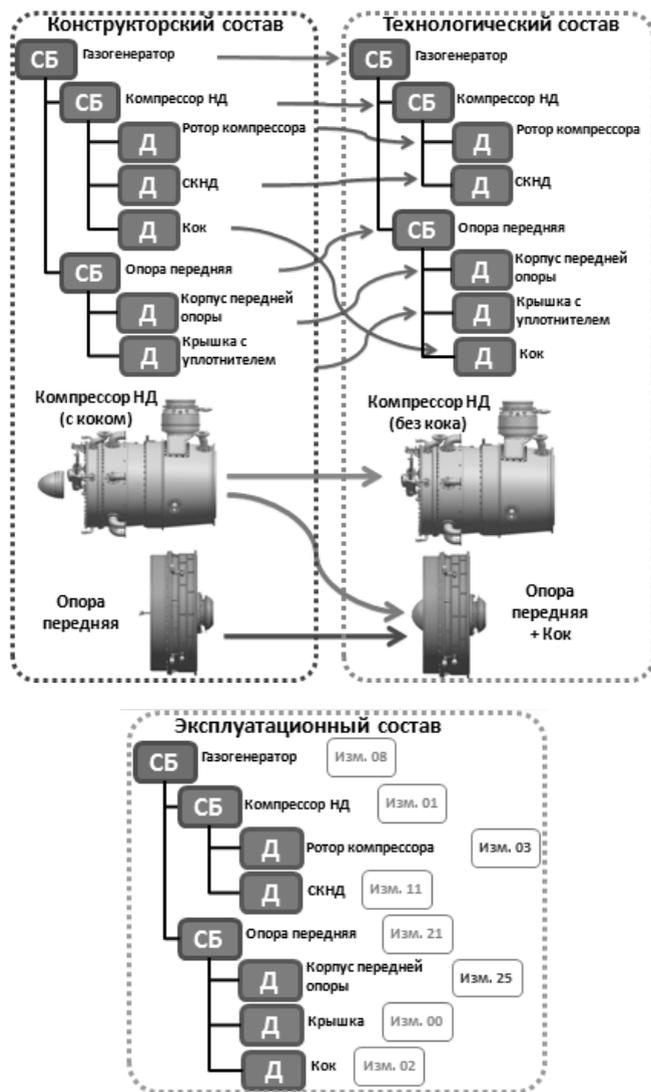


Рисунок 4. Архитектура хранения данных конструкторского, технологического и эксплуатационного состава

Разработка, согласование, утверждение, учет и изменение всех инженерных документов, а всех этапах проектирования осуществляется в электронном виде на основе бизнес-процессов, создаваемых в системе управления workflow, которая является частью PLM-системы Teamcenter. По результатам согласования (утверждение или изменение) версия объекта получает соответствующий статус. Согласование в электронном виде жестко привязано к схеме согласования, любой участник процесса может видеть на какой стадии находится объект, отправленный по процессу. В случае отклонения задачи специалист обязан оставить замечания или комментарий иначе отклонить задачу участнику согласования не удастся. Любой участник процесса согласования видит все замечания оставленные другими участниками. Все участники согласования получают сообщение по электронной почте о том, что к нему пришла задача, которую необходимо выполнить. Для оптимизации процесса используется подход запараллеливания задач согласования и обработки данных, что позволяет сократить сроки утверждения документов. Единая информационная среда источников и потребителей информации прежде всего позволяет кардинально изменить назначение бумажного документа и рассматривать его не как носитель информации, а как отчет, сформированный на основе соответствующего информационного объекта базы данных. Бумажный документ становится носителем юридического статуса и представляет собой набор данных из базы, распечатанный на бланке. При этом электронный документ сохраняется в централизованном электронном архиве, являющимся неотъемлемой частью системы, и связывается с объектом базы данных, на основании которого он был получен. Создатели информации (конструкторы, технологи) и ее потребители работают с соответствующим информационным объектом напрямую, имея при этом доступ к электронным документам в рамках прав, предоставленных им системой.

Применение на «КАЗ им. С.П. Горбунова» PLM-системы для управления полным жизненным циклом изделия позволило получить следующие эффекты, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

Эффекты от применения PLM-системы на «КАЗ им. С.П. Горбунова»

Эффект	Задача	Описание преимущества
Сокращение сроков, Повышение качества	Конструкторская подготовка производства	<ul style="list-style-type: none">• Передача электронных конструкторских документов в производство до разработки и выпуска монтажных чертежей обвязки• Исключение задачи разработки монтажных чертежей обвязки
Сокращение сроков, Повышение качества	Технологическая подготовка производства	<ul style="list-style-type: none">• Исключение задачи разработки ТП сборки;• Сокращения ошибок при разработке ТП за счет автоматизированного подбора технологических ресурсов
Сокращение сроков, Повышение качества, Снижение цены	Производство изделия	<ul style="list-style-type: none">• Исключение потребности в узконаправленных специализированных рабочих, возможность привлекать к выполнению работ рабочих с меньшей квалификацией.• Сокращение сроков освоения в производстве новых изделий• Исключение необходимости сопровождения новых изделий на сборочных участках специалистов конструкторско-технологических служб• Сокращение ошибок выполнения сборочных операций и времени на их контроль.• Исключение (сокращение) потребности в выполнении ложных сборок

Список литературы:

1. Компания Siemens PLM Software представила систему Teamcenter 11 // CAD/CAM/CAE Observer. — 2015. — № 7 (99).
2. Тороп Д.Н., Терликов В.В. Teamcenter. Начало работы // М.: ДМК Пресс. - 2011. - 280 с.
3. Teamcenter manufacturing process management 10.1 Getting Started with Manufacturing. Publication number PLM00004 J [Электронный ресурс] http://help.aviacons.ru/tc10doc/PDF/en_US/tdocExt/pdf/getting_started_manuf_process_mgmt.pdf (Дата обращения: 20.06.2018).

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 2.

АСТРОНОМИЯ

2.1. ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ОБЪЯСНЕНИЕ ПРИЧИН КОСМОЛОГИЧЕСКОГО КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ

Акованцев Пётр Иванович

*инженер-механик,
РФ, г. Воронеж*

Аннотация. В статье изложена связь космологического красного смещения с температурой среды распространения излучения. На сплошной спектр видимого излучения далёких галактик накладываются фраунгоферовы линии поглощения определённой частоты водородом-средой распространения. Эти линии смещаются в длинноволновую сторону, что говорит об изменении свойств водорода, как среды распространения, а не свойств самого излучения (изменении длины волны) и связаны эти изменения, прежде всего с температурой. А это, в свою очередь говорит о том, что Вселенная в своём эволюционном развитии нагревается.

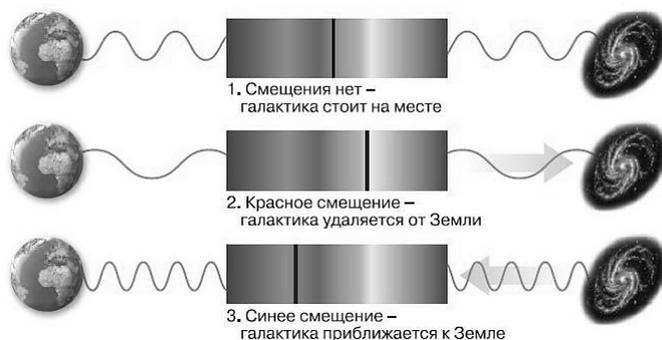
Abstract. In the article connection of cosmological redshift is expounded with the temperature of environment of distribution of radiation. On the continuous spectrum of visible radiation of distant galaxies the фраунгоферовы lines of absorption of certain frequency the hydrogen-environment of distribution are laid on. These lines are displaced in a long-wave side, that talks about the change of properties of hydrogen, as an environment of distribution, but not properties of radiation (change of wave-length) and these changes are constrained, foremost with a temperature. And it, in turn talks that Universe in the evolutionary development is heated.

Ключевые слова: спектр; водород; смещение; галактики; среда.
Keywords: spectrum; hydrogen; displacement; galaxies; environment.

1. Введение

Космологическое (метагалактическое) красное смещение — наблюдаемое для всех далёких источников (галактики, квазары) понижение частот излучения, объясняемое как динамическое удаление этих источников друг от друга и, в частности, от нашей Галактики, то есть как не стационарность (расширение) Метагалактики.

Графически оно выглядит так Рис. 1.



https://myslide.ru/documents_3/3bb40ccbd13930a29216ea5564ab34ae/img18.jpg

Рисунок 1. Графическое представление о космологическом красном смещении

Красное смещение для галактик было обнаружено американским астрономом Весто Слайфером в 1912—1914 годах, а в 1929 году Эдвин Хаббл открыл, что красное смещение для далёких галактик больше, чем для близких, и возрастает приблизительно пропорционально расстоянию (закон Хаббла).

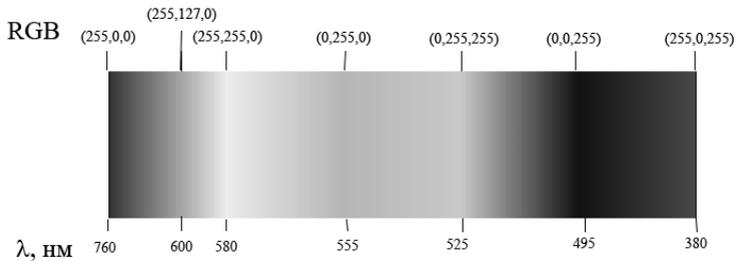
Предлагались различные объяснения наблюдаемого смещения спектральных линий, например, гипотеза утомлённого света, но, в конечном итоге, связали с эффектом расширения межгалактического пространства по ОТО. Данное объяснение этого явления является общепринятым.

Красное смещение, вызванное расширением, часто путают с более знакомым красным смещением, вызванным эффектом Доплера, который обычно делает звуковые волны более длинными, если источник звука удаляется. То же верно и для световых волн, которые становятся более длинными, если источник света отдаляется в пространстве.

Доплеровское красное смещение и космологическое красное смещение – вещи абсолютно разные и описываются различными формулами. Первая вытекает из частной теории относительности, которая не принимает во внимание расширение пространства, а вторая следует из общей теории относительности. Эти две формулы почти одинаковы для близлежащих галактик, но различаются для отдаленных.

2. Альтернативное объяснение космологического красного смещения

Давайте разберёмся в этом вопросе.
Рассмотрим виды спектров.



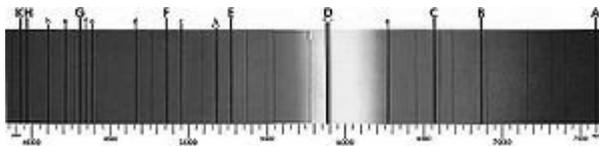
http://serj129.ucoz.ru/files/rgb_files/image007.jpg

Рисунок 2. Сплошной спектр видимого излучения

1. Сплошной спектр

Спектр видимого излучения сплошной. Это говорит о том, что в данном спектре присутствуют все, без исключения, частоты видимого излучения. Характерной особенностью излучения является то, что излучение определённой частоты всегда ложится на одно и то же место в спектре. И исключений не бывает.

2. Линейчатый спектр Рисунок 3.



<http://www.harmsy.freeuk.com/images/spectrum.jpeg>

Рисунок 3. Линейчатый спектр

Наличие вертикальных линий в спектре говорит о том, что в спектре отсутствуют некоторые частоты излучения и ничего более. Теперь, обратившись к Рис. 1, мы можем утверждать, что в спектре позиции 1 отсутствует часть излучения, относящаяся к зелёному цвету, на позиции 2 отсутствует часть излучения, относящаяся к жёлтому цвету, на позиции 3 отсутствует часть излучения, относящаяся к синему цвету.

Спектр излучения в видимом диапазоне любой галактики непрерывный. На этот спектр накладываются фраунгоферовы линии поглощения водорода. О чём это говорит? Это говорит о том, что часть волн определённой длины были поглощены водородом. То есть, по мере приближения к наблюдателю часть волн спектра были потеряны. Само собой это не имеет никакого отношения к процессу излучения и связано с окружением галактик. Окружение галактик это водородная среда, которая и поглощает часть волн. Я подчёркиваю, это окружение тех галактик, которые непосредственно излучают волны в видимом диапазоне. Регистрируется это излучение только в том случае, если прошло в вакууме напрямую к наблюдателю, минуя любые другие галактики. Если бы это было не так, т.е. излучение проходило бы через вещество, то оно было бы полностью поглощено. На некоторых спектрах видимого излучения далёких галактик накладываются фраунгоферовы линии и на другие частоты спектра, это говорит о том, что поглощены эти длины волн средой окружения более близких галактик. Поэтому наложение фраунгоферовых линий прочно связано с водородом окружающим галактики, которые непосредственно излучают и вблизи которых проходит излучение. Но все галактики окружены водородом. Так почему же фраунгоферовы линии накладываются на разные части спектра видимого излучения? И чем дальше галактика, тем в более длинноволновую зону видимого спектра сдвигаются фраунгоферовы линии поглощения водорода. Ответ только один. Температура водородной среды, окружающей галактики, различна. Чем ниже температура среды поглощения, тем в более длинноволновую часть спектра сдвигается фраунгоферова линия поглощения водорода. Это доказывают спектральные серии излучения водорода, которые располагаются во всех диапазонах излучения.

Спектральные серии водорода.

Изученные серии:

Серия Лаймана

Открыта Т. Лайманом[en] в 1906 году. Все линии серии находятся в ультрафиолетовом диапазоне. Серия соответствует формуле Ридберга при $n' = 1$ и $n = 2, 3, 4, \dots$; линия $L\alpha = 1216 \text{ \AA}$ является резонансной линией водорода. Граница серии — $911,8 \text{ \AA}$.

Серия Бальмера

Открыта И.Я. Бальмером в 1885 году. Первые четыре линии серии находятся в видимом диапазоне и были известны задолго до Бальмера, который предложил эмпирическую формулу для их длин волн и на её основе предсказал существование других линий этой серии в ультрафиолетовой области. Серия соответствует формуле Ридберга при $n' = 2$ и $n = 3, 4, 5, \dots$; линия $H\alpha = 6565 \text{ \AA}$, граница серии — 3647 \AA .

Серия Пашена

Предсказана Ритцем в 1908 году на основе комбинационного принципа. Открыта Ф. Пашеном в том же году. Все линии серии находятся в инфракрасном диапазоне. Серия соответствует формуле Ридберга при $n' = 3$ и $n = 4, 5, 6, \dots$; линия $P\alpha = 18\ 756 \text{ \AA}$, граница серии — 8206 \AA .

Серия Брэккета

Открыта Ф. С. Брэккетом в 1922 году. Все линии серии находятся в ближнем инфракрасном диапазоне. Серия соответствует формуле Ридберга при $n' = 4$ и $n = 5, 6, 7, \dots$; линия $B\alpha = 40\ 522 \text{ \AA}$. Граница серии — $14\ 588 \text{ \AA}$.

Серия Пфунда

Открыта А.Г. Пфундом в 1924 году. Линии серии находятся в ближнем (часть в среднем) инфракрасном диапазоне. Серия соответствует формуле Ридберга при $n' = 5$ и $n = 6, 7, 8, \dots$; линия $Pf\alpha = 74\ 598 \text{ \AA}$. Граница серии — $22\ 794 \text{ \AA}$.

Серия Хэмпфри

Открыта К.Д. Хэмпфри в 1953 году. Серия соответствует формуле Ридберга при $n' = 6$ и $n = 7, 8, 9, \dots$; основная линия — $123\ 718 \text{ \AA}$, граница серии — $32\ 823 \text{ \AA}$.

Расположение серии зависит от температуры излучения.

Заключение

На сплошной спектр видимого излучения далёких галактик накладываются фраунгоферовы линии поглощения определённой частоты водородом-средой распространения. Эти линии смещаются в длинноволновую сторону, что говорит об изменении свойств среды распространения, а не свойств самого излучения (изменении длины волны) и связаны эти изменения, прежде всего с температурой. А это, в свою очередь говорит о том, что Вселенная в своём эволюционном развитии нагревается.

Учёные совершенно не учитывают то, что водород, в зависимости от температуры излучает волны разной длины. Соответственно, в зависимости от температуры, он поглощает волны разной длины.

Значит, водород может излучать (и поглощать) волны всех длин спектра от радио до гамма в зависимости от температуры. Поэтому космологическое красное смещение обусловлено температурой во Вселенной, чем дальше, тем температура среды распространения волн, а среда - это водород, была ниже.

Подчеркну. О чём говорят фраунгоферовы линии на непрерывном спектре видимого излучения далёких галактик? Непрерывный спектр видимого излучения без фраунгоферовых линий говорит о том, что в спектре есть волны всех длин (частот) присущих видимому спектру. Наличие фраунгоферовых линий говорит о том, что на спектре отсутствуют волны определённой длины (частоты). Самый распространённый элемент в космосе водород. Он окружает звёзды и далёкие галактики. Водород и поглощает кванты, несущие волны этих длин видимого спектра. С этим, скажем так, дефектом излучение видимого спектра и доходит до наблюдателя. Отсутствующие в спектре волны не могут ни удлинить свою длину, ни укоротить. Их просто нет в наличии, тем самым удлиняться нечему. Их отсутствие обусловлено поглощением их водородом в зависимости от температуры водорода. Вы только подумайте, как может изменяться, удлиняться то, чего в спектре нет? Изначально в спектре отсутствуют волны определённой длины, и длина их измениться не может. Вселенная не расширяется, Вселенная нагревается.

Я понимаю, что данное открытие уничтожает релятивизм полностью. Однако это неизбежные издержки на пути познания Истины.

Данное предположение можно доказать экспериментом. Один из вариантов такого эксперимента постепенный нагрев железного стержня (или вольфрамового) в герметичной камере в среде водорода. Железо, да и вольфрам, начиная с определённой температуры, излучает непрерывный спектр видимого излучения. Нагревать можно током. Спектр регистрировать спектрометром.

Список литературы:

1. Бор Н. Теория атома и принципы описания природы // Сб. Н. Бор. Избранные научные труды. Т. 2. М.: Наука, 1971.
2. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: Учебное пособие / И.Е. Иродов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
3. LEKTSII Изучение спектра атома водорода.
4. <https://lektsii.org/12-58456.html>.
5. PANDIA Отчёт по лабораторной работе № 7 «Изучение спектра атома водорода».
6. <https://pandia.ru/text/80/548/84450.php>.

7. POZNAUKA Спектральные серии излучения атома водорода.
8. <https://poznayka.org/s68583t1.html>.
9. Савельев И.В. Курс физики: Учебное пособие в 3-х тт. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, / И.В. Савельев. - СПб.: Лань, 2007.
10. Яворский Б.М, Селезнёв Ю.А. Справочное руководство по физике. Москва «Наука» 1989 г.

РАЗДЕЛ 3.

МАТЕМАТИКА

3.1. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ МЁРЗЛЫХ ПОРОД ДОЛИНЫ «ГУЙМААДА»

Нерадовский Леонид Георгиевич

д-р техн. наук,

*ст. науч. сотр. лаборатории инженерной геокриологии
Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН,
РФ, г. Якутск*

Аннотация. Представлены результаты статистического анализа значений удельного электрического сопротивления мёрзлых рыхлых отложений и осадочных пород левобережной части долины р. Лены в среднем её течении в застроенной окрестности г. Якутска. Знание обобщённых значений удельного электрического сопротивления позволяет методом вертикального электрического зондирования быстро, недорого и экологически чисто при минимальном объёме дорогостоящих буровых работ определять среднюю мощность мёрзлой толщи рыхлых отложений, используемой, как грунтовое основание висячих фундаментов инженерных сооружений. Очевидная экономическая выгода с быстрым и экологически чистым решением этой задачи инженерной геологии и криолитологии обуславливает её непреходящую практическую значимость при производстве проектно-изыскательских работ на застраиваемой территории долины р. Лены.

Ключевые слова: рыхлые отложения; осадочные породы; буровые работы; вертикальное электрическое зондирование; удельное электрическое сопротивление; среднее значение; глубина; ошибка.

Введение

Изучение геологической среды немислимо без привязки результатов геофизических работ к геологическим данным. Это обусловлено геологической неоднозначностью результатов геофизики и некорректностью решения обратных задач геофизики в оценке параметров моделей геологической среды. В этом аспекте в настоящее время рыночных отношений особое значение приобретает априорное знание петрофизических параметров моделей, так как позволяет в пределах изученного района работ применять методы геофизики с минимальным использованием количества заверочных горно-буровых выработок. Цель статьи показать, в частности, что знание обобщённых значений удельного электрического сопротивления (УЭС) даёт возможность методом электрического зондирования (ВЭЗ) при минимальном количестве буровых скважин или даже, в случаях их отсутствия, с заданной вероятностью и приемлемыми для практики ошибками достоверно оценивать среднее значение мощности мёрзлой толщи рыхлых отложений долины р. Лены. То есть, той толщи, которая используется для строительства инженерных сооружений в окрестности г. Якутска.

Общие сведения по району работ

Район работ находится в левобережной части долины р. Лена¹ протяжённостью около 70 км между Кангаласским (на севере) и Табагинским мысом (на юге).

Данные по геоморфологическому строению долины «Туймаада», являющейся частью Центрально-Якутской низменности, противоречивы. По схемам В.С. Гриненко и др. [2], построенным на представлениях П.А. Соловьёва [11] и принятых к повсеместному научно-практическому употреблению, а также по результатам исследований С.С. Коржуева [6] долина «Туймаада» состоит из вложенных друг в друга речных террас. Это террасы голоценового возраста низкой и высокой поймы с протоками и старицами и две надпойменные террасы со сложным строением микрорельефа. Первая надпойменная терраса голоценового возраста называется «Якутской», а более высокая вторая терраса голоценового или позднего неоплейстоценового возраста называется «Сергелляхской». Существует также точка зрения о существовании не имеющей названия ещё более высокой третьей надпойменной террасы

¹ Местное якутское население издревле называет эту часть долины р. Лена «Туймаада». В административном подчинении эта часть долины входит в муниципальное объединение «Большой Якутск».

неоплейстоценового возраста, возвышающейся над меженным урезом воды р. Лены на 18-22 м [3]. В современных представлениях В.В. Спектра и др. [12], построенных на детальных исследованиях стратиграфии аллювиальных отложений, долина «Туймаада» представлена одной надпойменной террасой дриас-голоценового возраста с разными абсолютными отметками денудационно-аккумулятивной поверхности. Несмотря на разные геоморфологические представления, мощность аллювиальных и озёрно-болотных отложений² в целом закономерно возрастает от русла долины р. Лены к выходу на дневную поверхность её коренного основания (осадочных пород юрского возраста – песчаников, алевролитов). Этот выход наблюдается в виде уступа эрозионной поверхности Приленского плато (Мыранновой гряды) высотой 100-120 м над долиной «Туймаада» [9].

В наиболее изученной части долины «Туймаада» (окрестности г. Якутска), высотные отметки рельефа поймы в среднем равны 88,3 м при вариациях 85,6-92,2 м. Высотные отметки рельефа надпойменной Якутской и Сергелляхской террас изменяются в диапазоне 92,8-100,4 м при среднем значении 96,3 м.

Осадочные породы в пойме и на надпойменных террасах преимущественно залегают на глубине 12,4-14,5 и 16,2-22,7 м.

По данным ртутных термометров и полупроводниковых датчиков, применяемых в методе скважинной термометрии, температура мёрзлых рыхлых отложений долины «Туймаада» в нижней части слоя годовых теплооборотов на глубине 10-15 м изменялась от -1,4 до -7,2 °С (на участках древней застройки г. Якутска) при среднем значении -3,4 °С. При такой температуре отложения в целом находились в прочном твердомёрзлом состоянии. Мёрзлые отложения глинистого состава (суглинков и супесей), расположенных в верхней части разреза ниже слоя сезонного оттаивания (до глубины 3-5 м) имеют слоисто-сетчатую криогенную текстуру. Нижележащая преобладающая песчаная часть разреза мёрзлых рыхлых отложений характеризуется массивной криогенной текстурой. В целом, и конкретно в точках изученных скважин, долина «Туймаада» и, это важно отметить, сложена нельдистыми дисперсными и крупнообломочными рыхлыми отложениями, не содержащими в себе скопления залежей ископаемых льдов повторно-жильного генезиса. Появление таковых в долине «Туймаада» относится к числу редких событий.

² Их обций разрез сверху вниз закономерно меняется по литологии от глинистых разностей (суглинков и супесей) на песчаные разности (пески пылеватые, мелкие, средние, крупные). Ниже, на границе с осадочными породами, расположен маркерный горизонт крупнообломочных разностей (гравия и гальки).

Методы и материал исследований

Материал исследований представлен значениями УЭС мёрзлых рыхлых отложений и залегающих под ними осадочных пород коренного основания долины «Туймаада». Значения УЭС определены методом ВЭЗ в 484 точках бурения инженерно-геологических скважин³ при производстве геолого-геофизических работ, выполненных в 70-90-х годах прошлого века Якутским трестом инженерно-строительных изысканий на проектируемых и эксплуатируемых площадках и трассах линейных сооружений промышленного, гражданского и сельскохозяйственного назначения в долине «Туймаада».

Работы методом ВЭЗ выполнялись симметричной 4-х электродной установкой Шлюмберже с длиной питающей линии от 0,6-3,2 до 440-940 м и 2-х приёмных линий с длиной 0,2 и 6,0 м. Методика работ изложена в РСН 43-74 [4] и инструкции по применению методов электроразведки в поисково-разведочной геологии [5]. Измерение напряжения и силы электрического постоянного тока в приёмной и питающей цепи установки ВЭЗ выполнялось прибором АЭ-72⁴. Источником постоянного тока служил комплект из 4-х последовательно соединённых сухих анодных батарей «АМЦГ-У-160».

Значения УЭС мёрзлых рыхлых отложений и осадочных пород определялись по кривым ВЭЗ⁵ графическим способом с использованием 3-х слойных и вспомогательных палеток А.М. Пылаева [10] и привязывались, в соответствии с принципом эквивалентности поперечной или продольной электропроводности слоёв геоэлектрического разреза, к данным бурения скважин (глубине залегания осадочных пород).

Изучение вероятностной структуры и статистик УЭС выполнялось комплексом методов математической статистики с помощью программ «Microsoft Excel» и «Stadia» [7].

³ Не всех скважин, количество которых исчисляется тысячами, а только тех немногих скважин, которые вскрыли коренное основание долины «Туймаада».

⁴ В прошлом веке этот прибор вместе с прибором ЭСК-1 был чуть ли не единственным в трестах инженерно-строительных изысканий НПО «Стройизыскания» Госстроя РСФСР простым и эффективным по геолого-экономическим показателям техническим средством измерения электрического поля на постоянном токе.

⁵ Совокупность значений кажущегося электрического сопротивления геоэлектрического разреза долины «Туймаада» в зависимости от половины длины (полуразноса) питающей и приёмной линий установки ВЭЗ.

Результаты статистического анализа

В ходе анализа решались три задачи: 1) проверка гипотез распределений значений УЭС мёрзлых рыхлых отложений и осадочных пород по теоретическому нормальному закону; 2) вычисление описательных статистик значений УЭС; 3) изучение корреляции значений УЭС рыхлых отложений и осадочных пород. Дополнительно изучались ошибки определения глубины залегания осадочных пород по средним значениям УЭС рыхлых отложений.

Рассмотрим по порядку результаты решения обозначенных задач.

Проверка гипотез выполнялась по критериям Колмогорова, омега-квадрат, хи-квадрат. По этим критериям результат проверки оказался одинаковым. А именно, значения УЭС мёрзлых рыхлых отложений распределены по нормальному (Гауссовому) закону, а распределение значений УЭС осадочных пород этому закону не подчиняются. Получается, что нормальный закон равновероятностного случайного распределения значений УЭС нерасчленённых по литологии и гранулометрическому составу мёрзлых рыхлых отложений наследует результат сложнейших в своей пространственной динамике и длительном по геологическим меркам времени процессов осадконакопления, промерзания и экзогенного метаморфизма, происходивших в долине «Туймаада» под воздействием множества непредсказуемых природных факторов.

Разумеется, и осадочные породы, слагающие коренное основание долины «Туймаада», прошли сложный и ещё более длительный путь своей непростой истории в формировании своего геологического строения и криогенного состояния под воздействием эндогенных, тектонических, метаморфических, геохимических, гидрологических и криогенных процессов. Тем не менее, признак неравновероятного распределения УЭС со сдвигом в сторону низких значений указывает на тенденцию или пространственную закономерность в строении консолидированных осадочных пород. Закономерность состоит в том, что в долине «Туймаада» в пределах глубины изучения методом ВЭЗ (до 150 м) более распространены псаммиты – песчаные разности (песчаник, алевролит, реже, мергель), нежели пелиты – глинистые разности осадочных пород (собственно глины, алевроиты) и в незначительной мере органогенные породы (известняк, доломит). Отмеченные особенности вероятностного распределения значений УЭС мёрзлых рыхлых отложений и осадочных пород долины «Туймаада» со всей очевидностью иллюстрируются гистограммами (рис. 1), построенными по выборочной совокупности фактического материала работ методом ВЭЗ.

Обратим внимание на особенности гистограмм, имеющие значение для понимания геологической природы значений УЭС. Относительно низкие значения УЭС мёрзлых рыхлых отложений не превышающие 900 омметра и составляющие 13,2 % от общего количества определений (см. рисунок, б), по результатам сопоставления с инженерно-геологическим разрезом изыскательских скважин соответствует глинистым разностям в виде суглинков, супесей и пылеватых песков в разной мере засоленных легкорастворимыми солями. Относительно высокие значения УЭС мёрзлых рыхлых отложений превышающие 1600 омметра и составляющие незначительную долю (4,5 %) от общего количества определений (см. рисунок, б) по тем же геологическим данным соответствуют чисто песчаным разностям в виде мелко-средне-крупнозернистых и реже, крупных песков.

Маломощный маркерный слой крупнообломочных отложений (гравия и гальки), расположенный на границе с осадочными породами практически не оказывает влияние на суммарное значение УЭС дисперсных отложений (глинистых и песчаных разностей). В 82,2 % случаев среднее арифметическое значение УЭС мёрзлых рыхлых отложений с вероятностью 95 % занимает интервал 1213-1248 омметра. С округлением получаем обобщённую оценку УЭС 1200 омметра. Её рекомендуется применять для определения средней глубины залегания осадочных пород в долине «Туймаада».

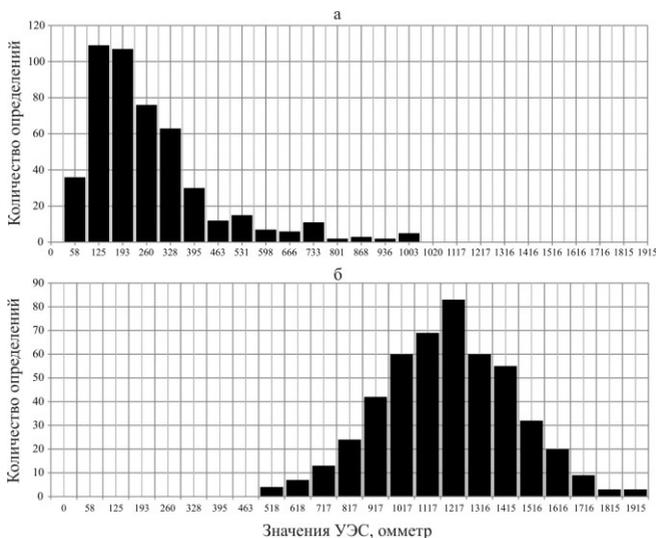


Рисунок 1. Гистограммы значений УЭС рыхлых отложений (а) и осадочных пород (б) коренного основания долины «Туймаада»

Так как значения УЭС осадочных пород распределены не по нормальному теоретическому закону, то пользоваться в качестве обобщённой статистической оценки средним арифметическим нельзя. В таких случаях используются непараметрические оценки среднего – медиана или мода (максимум гистограммы). В 74,8 % случаев их значения для псаммитов статистически не отличимые и равны 217 и 214 омметра.

Важно отметить, что мёрзлые рыхлые отложения и псаммиты осадочных пород долины «Гуймаада» по порядку средних значений УЭС близки к мёрзлым аллювиальным отложениям Центрально-Якутской низменности (УЭС=1200-2700 омметра) [8, с. 25] и псаммитам осадочных пород Южной Якутии (УЭС=100 омметра) [1, с. 14]. В этой близости полученная статистика по УЭС не только усиливается в своей объективности, но и приобретает более устойчивый характер региональной петрофизической закономерности.

Описательная статистика 484 значений УЭС, полученная по фактическому материалу в точках скважин, представлена в таблице.

Таблица 1.

Значения УЭС рыхлых отложений и осадочных пород

Описательная статистика	1	2
Среднее арифметическое значение (AP)	1194	268
Стандартная ошибка AP значения	12,0	8,0
Среднее медианное значение	1201	217
Среднее модальное значение	887	214
Стандартное отклонение	254	182
Коэффициент вариации, %	21,3	67,8
Минимальное значение	468	24
Максимальное значение	1965	1037
Количество определений (по скважинам)	484	484
Доверие AP значения на уровне 95 %	23,0	16,0

Примечание: 1 и 2 означают УЭС рыхлых отложений и осадочных пород в омметрах.

Из таблицы следует, что стохастическое поведение в долине «Гуймаада» УЭС мёрзлых рыхлых отложений, оцененное по коэффициенту вариации, существенно менее изменчиво, нежели осадочных пород. При этом между значениями УЭС рыхлых отложений и осадочных пород нет корреляции. Всё вместе взятое, включая разные

вероятностные законы распределений значений УЭС, ещё раз говорит о том, что формирование мёрзлой толщи осадочных пород и перекрывающих их рыхлых отложений, происходило по своим законам, не имеющих между собой никакой причинно-следственной связи.

В 84,7 % случаев УЭС рыхлых отложений выше УЭС осадочных пород в 2-13 раз со средним значением 5-6. При таком соотношении обобщённый геоэлектрический разрез долины «Туймаада» относится к типу «К», который благоприятен с точки зрения более точной количественной интерпретации кривых ВЭЗ. Такой разрез состоит из 3-х слоёв: 1) слой с минимальными значениями УЭС – глинистые разности (суглинки, супеси) сезонноталого слоя; 2) слой с максимальными значениями УЭС – нерасчленённые по составу мёрзлые глинисто-песчаные разности (супеси, пески разной зернистости, гравий и галька); 3) слой с пониженными значениями УЭС – мёрзлые осадочные породы.

Посмотрим, с какой ошибкой по отношению к данным буровых работ будет определяться по этому разрезу глубина залегания коренного основания долины «Туймаада» с применением современных технологий компьютерной цифровой обработки данных метода ВЭЗ, опираясь на знание обобщённого значения УЭС рыхлых отложений равного 1200 омметра.

Статистика показывает, что при нулевой средней ошибке в 70 % случаев глубина залегания осадочных пород определяется с абсолютной и относительной ошибкой в доверительном интервале $\pm 3,2$ м и $\pm 15,2$ % с равновероятностным разбросом в сторону занижения или завышения данных бурения скважин. В 82,4 % случаев относительная ошибка, всё ещё приемлемая для практики, не превышает 20 %. На долю больших ошибок (выше 30 %) приходится всего лишь 5 %.

При всём этом по данным буровых работ и метода ВЭЗ средние показатели глубины залегания осадочных пород в целом по долине «Туймаада» практически одинаковы и равны 23 м. Незначительно отличаются по геолого-геофизическим оценкам минимальные и максимальные значения глубины залегания осадочных пород соответственно равные 9-7 и 53-57 м.

Относительная динамика поведения глубины залегания осадочных пород в долине «Туймаада» (рис. 2) мало чем отличается по данным буровых работ и метода ВЭЗ, как в целом (общим фоновым особенностям), так и в деталях (отдельных локальных аномалиях). Мера воспроизводимости между геолого-геофизическими рядами глубин по коэффициенту корреляции составляет 87,7.

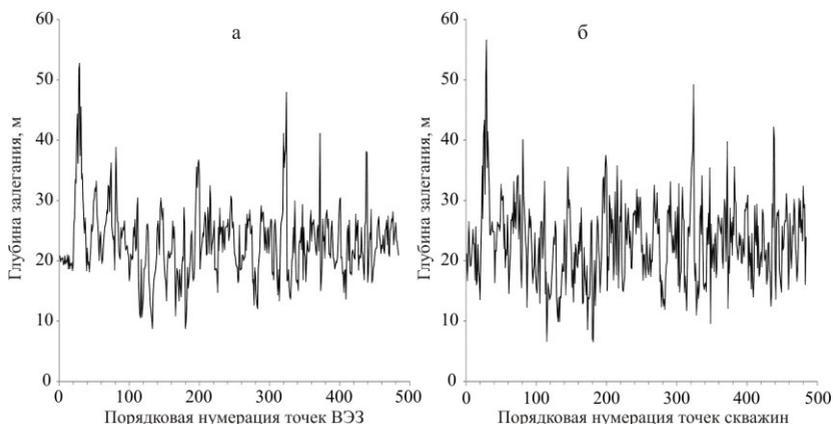


Рисунок 2. Ряды значений глубины залегания осадочных пород в долине «Туймаада» по данным ВЭЗ (а) и бурения скважин (б)

Полученная статистика ошибок создаёт благоприятные физические предпосылки для широкого применения метода ВЭЗ с целью изучения мощности мёрзлых рыхлых отложений в застраиваемой долине «Туймаада». Примечательно, что и в совершенно иных геоэлектрических условиях, например, на Северо-Востоке России средние относительные ошибки определения по данным метода ВЭЗ глубины залегания коренного основания золотоносных речных долин мало чем отличаются от аналогичных ошибок в долине «Туймаада», изменяясь от 6,4 до 20,9 % и чаще всего, составляя 12,3 % [13, с. 196-197].

Заключение

Результаты статистического анализа данных метода ВЭЗ говорят о разных вероятностных законах и основных статистиках распределения значений УЭС мёрзлой толщии рыхлых отложений и осадочных пород в долине «Туймаада» в среднем течении р. Лены. При необходимости обобщённые средние значения УЭС толщии мёрзлых рыхлых отложений, которая используется в качестве грунтового основания фундаментов инженерных сооружений, могут быть использованы для быстрого определения её средней мощности толщии методом ВЭЗ при минимальном объёме дорогостоящих, трудно организуемых и зачастую вредных для экологии окружающей среды буровых работ. Такой подход эффективен по геолого-экономическим параметрам при решении инженерно-геологических задач промышленно-гражданского и сельскохозяйственного строительства в ходе продолжения освоения долины «Туймаада».

С позиции теории природно-технических систем обобщённые значения УЭС важны тем, что описывают частную реакцию геологических образований долины «Туймаада» на искусственное возбуждение с поверхности Земли электрическим полем постоянного тока. Знание этой реакции в условиях действия наложенных на климатические факторы техногенных и антропогенных факторов обеспечивает правильный взгляд на строение геоэлектрического разреза и уточняет его обобщённую физико-геокриологическую модель застраиваемой территории долины «Туймаада».

Список литературы:

1. Гриб Н.Н., Самохин А.В. Физико-механические свойства углевмещающих пород Южно-Якутского бассейна. – Новосибирск: Наука. – 1999. – 240 с.
2. Гриненко В.С., Камалетдинов В.А., Щербаков О.И. Геологическая карта Якутин. Масштаб 1:500 000. Центрально-Якутский блок. – Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ. – 1993.
3. Гриненко В.С., Камалетдинов В.А., Сластенов Ю.Л., Щербаков О.И. Геологическое строение Большого Якутска // Региональная геология Якутии. – Якутск: Изд-во Якутского гос. ун-та, 1995. – С. 3-20.
4. Инструкция по применению электроразведки при инженерных изысканиях в строительстве. Постоянный ток и естественное поле. Республиканские строительные нормы. РСН 43-74. – М.: Изд-во Госстроя РСФСР, 1975. – 120 с.
5. Инструкция по электроразведке / под ред. Г.С. Франтова. – Л.: Недра, 1984. – 534 с.
6. Коржув С.С. Геоморфология долины средней Лены и прилегающих районов. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1959. – 151 с.
7. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во ФОРУМ: ИНФРА-М. – 2006. – 512 с.
8. Мельчинов В.П., Башкуев Ю.Б., Ангархаева Л.Х., Буянова Д.Г. Электрические свойства криолитозоны Востока России в радиодиапазоне. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. – 258 с.
9. Петров С.Б., Безрук Л.Н. Отчёт по изучению, детальному картированию и прогнозированию развития экзогенных геологических процессов на территории Большого Якутска в 1983-1985 гг. Том I (текст отчёта). – ПГО «Якутскгеология, инв. № 6848, 223 с.
10. Пылаев А.М. Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований. Издание второе, исправленное. – М.: Недра, 1968. – 148 с.
11. Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 144 с.
12. Спектор В.В., Бакулина Н.Т., Спектор В.Б. Рельеф и возраст аллювиального покрова долины р. Лены на «Якутском разбое» // Геоморфология. – 2008. – № 1. – С. 87-94.
13. Якупов В.С. Исследование мёрзлых толщ методами геофизики. – Якутск: Изд-во ЯФ СО РАН, 2000. – 336 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам XXI международной
научно-практической конференции*

№ 2 (21)
Февраль 2019 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 14.02.19. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 1,875. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
125009, Москва, Георгиевский пер. 1, стр.1, оф. 5
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru