

# Цифровая экономика Западной Австралии – умные горнорудные и нефтегазовые предприятия, железные дороги, морские порты и формализованные онтологии

И.А.Соколов, А.С.Мишарин, В.П.Куприяновский, О.Н.Покусаев, О.Н.Ларин

**Аннотация**— В статье рассматриваются вопросы, связанные с построением и развитием цифровой экономики в одном конкретном регионе. В качестве примера рассматривается Австралия, цифровой сектор которой может стать самым крупным в стране в ближайшие пять лет. Цифровая революция затрагивает все сферы австралийской экономики. До этого австралийская экономика была известна как лидер горнорудной промышленности в мире, производитель продуктов питания и поставщик топливно-энергетических товаров. Сегодня, как показывает статистика, ведущие горнодобывающие и энергетические компании Австралии оказались уже на шаг впереди своих коллег в части экономически успешного внедрения цифровых технологий. Естественно, что в таких успехах цифровых трансформаций есть ключевые составляющие. Одной из них являются формализованные онтологии, развитию которых в мире сегодня уделяется самое пристальное внимание. В статье на конкретных примерах авторы попробовали показать конкретные цифровые трансформации в Австралии и их движущие скрытые пружины. Авторы надеются, что предложенные для обсуждения примеры развития и мысли о движущих пружинах этих преобразований, подобранные с учетом интересов развития российской цифровой экономики, могут быть интересными и полезными и для российских предприятий, начавших свои цифровые трансформации.

**Ключевые слова**—цифровая экономика, цифровые железные дороги, автоматизация, онтологии.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Федерация Австралия - огромная по площади и быстро развивающаяся страна цифровой экономики, размещенная на одноименном континенте, кажется отрезанной от всего остального мира двумя огромными

океанами, но, однако, это не так. На рисунке 1 приводится карта Австралии и ее разделение на штаты. Штаты (вообще-то государства, которые решили объединиться) Австралии имеют свои правительства и парламенты и исторически возникали отдельно друг от друга и поэтому, например, имеют разные типы железных дорог, вплоть до ширины колеи и другие очень интересные отличия.

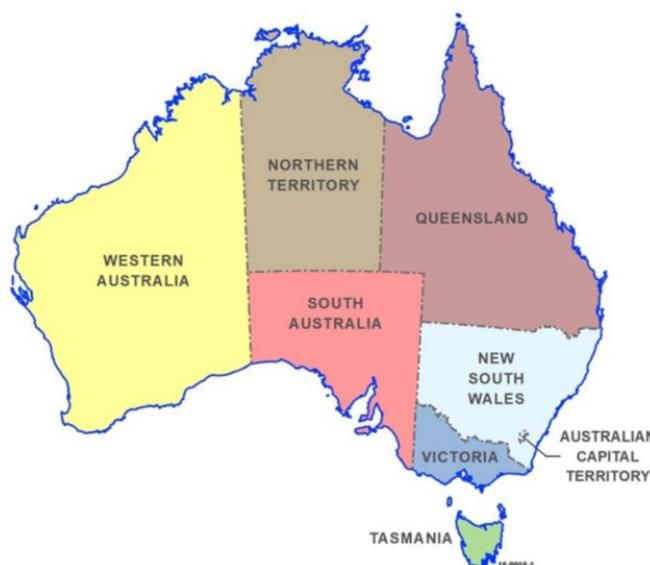


Рис. 1. Федерация Австралия

При этом австралийский экономический ландшафт - как и большинство других во всем мире - трансформируется в новой экономике 21 века, унифицируя старые правила и создавая новые. Рост Азии в последнее десятилетие отражает современный рост цифровой экономики Австралии, которая уже стоит 79 млрд. долл. США (5,1% от ВВП Австралии 2014 год [1], согласно отчету Deloitte по Google Connected Continent II), и ожидается, что эта цифра вырастет до 139 млрд. долл. США к 2020 году [1]. Как отдельная отрасль, цифровой сектор может стать самым крупным в Австралии за пять лет ближайших лет [1]. Эта революция затрагивает все сферы австралийской экономики, которая последнее время была известна как лидер горнорудных предприятий мира, производитель продуктов питания и восходящая звезда топливно-

Статья получена 20 апреля 2018.

И.А.Соколов - Национальный центр компетенций в цифровой экономике МГУ, ФИЦ «Информатика и управление» РАН (email:isokolov@ipiran.ru)

А.С.Мишарин – ОАО РЖД (email: info@vsmexpert.ru)

В.П.Куприяновский - Национальный центр компетенций в области цифровой экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (e-mail: vpkupriyanovsky@gmail.com)

О.Н.Покусаев - Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: o.pokusaev@rut.digital)

О.Н. Ларин - Российский институт стратегических исследований (e-mail: larin\_on@mail.ru)

энергетического сектора, и, как показывает статистика, ведущие горнодобывающие и энергетические компании Австралии оказались уже на шаг впереди своих коллег в части экономически успешного внедрения цифровых технологий.

Но в таких успехах цифровых трансформаций есть ключевые составляющие. Одной из них являются формализованные онтологии, развитию которых в мире сегодня уделяется самое пристальное внимание. Поэтому авторы на конкретных примерах попробовали показать цифровые трансформации в Австралии и их движущие скрытые пружины.

## II. ЛИДИРУЮЩИЙ ГОРНОРУДНЫЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ШТАТ ЗАПАДНАЯ АВСТРАЛИЯ

Поскольку цифровая экономика - это ничто иное, как эффекты дополнительной доходности от детальных знаний о физическом мире через цифровые данные и технологии, то понадобился конкретный пример физического размещения, и мы выбрали штат Западная Австралия. Как штат, Западная Австралия подвержена радикальным цифровым изменениям [1]. Мы выбрали из множества возможностей три основных примера – два из этого штата и один общий для Австралии. В горнорудном секторе - это комплексное применение цифровых технологий Rio Tinto. В секторе энергетики - Shell. В области общенациональных проектов – общую железную (цифровую) дорогу. Всех эти три примера объединяет применение формализованных онтологий, как части физико-математических дисциплин.

Недавнее снижение цен на сырьевые товары означают для этого штата, что такие цифровые инновации стали обязательными для бизнеса. Это вызвало потребность в редизайне процессов, анализе данных и необходимость в продвинутом исследовании, нужда в которых будет только обостряться. Формализованные семантика и онтология оказались частью новых инструментов для решения новых экономических задач через инновации, обеспечивающие прозрачность.

Горный и энергетический сектор, а также более широкая экосистема Западной Австралии осознали, что инновации процветают на сотрудничестве, также как и на конкуренции. Обмен знаниями необходим для разработки новых решений, а он возможен только при их онтологической формализации и обеспечении прозрачности. Западная Австралия хорошо обеспечена отраслевыми научно-исследовательскими институтами и программами; для достижения необходимой экономии масштаба для этих исследовательских усилий потребуются и, как понимают в Западной Австралии, необходимо также сотрудничество на национальном и глобальном уровнях для получения формализованных знаний [1].

Инновации в любой отрасли зависят от экосистемы поставщиков, стартапов, исследовательских институтов, правительства, поставщиков услуг и владельцев активов. Имеются данные о том, что трансформационные новые технологии, скорее всего, будут развиваться в сложных,

взаимозависимых исследовательских экосистемах.

Чтобы читатель смог вообразить условия жизни Западной Австралии, надо сказать, что ее площадь составляет 2.5 млн. кв. км. (для сравнения - площадь европейской части России - около 3,5 млн. км<sup>2</sup>, что составляет 20,66 % территории России и около 35 % территории всей Европы), при этом 78% жителей Западной Австралии проживают в Перте или вокруг города Перт – столицы штата. В штате работают 2,6 млн. резидентов и из них 37% резидентов родились не в Австралии, а за морем. Все эти данные есть на рисунке 2, где они помещены на фотографии города Перта, где есть хорошие природные условия для жизни людей в отличие от многих других территорий штата.



Рис. 2. Вид города Перта (столица Западной Австралии) и основные данные о штате [2]

Западная Австралия - самая успешная в мире смешанная горнодобывающая и энергетическая провинция. Разнообразие ее фонда занимает уникальное место среди мировых ресурсов, которое, благодаря гибкости, масштабам и решению проблем, привлекает постоянные инвестиции от крупнейших мировых производителей минералов и энергии, многие из которых имеют свои региональные штаб-квартиры в Перте.

Западная Австралия производит две трети полезных ископаемых Австралии - более пятидесяти видов продуктов из полезных ископаемых - и они присутствуют в домах, фабриках, роботах и самолетах по всему миру, конечно уже в переработанном цепочкой создания дополнительной стоимости виде. Часто этот процесс называют международным разделением труда или международной торговлей [13]. При среднегодовом экономическом росте в 5,3 процента за последние 10 лет, Западная Австралия пережила период беспрецедентной экономической экспансии. Сектор ресурсов имеет центральное значение для этого роста с запасами полезных ископаемых и нефтью на 99,5 млрд. долларов продаж в 2014-15 годах. Западная Австралия - это 63 процента добычи природного газа в Австралии, 86 процентов экспорта СПГ (сжиженного природного газа). Страна также богата минеральными ресурсами - в этом секторе работает около 1000 добывающих проектов производящих более 50 различных биржевых товаров. Железная руда является самой большой экспортной позицией этого штата. В

Западной Австралии сосредоточено 95 процентов общего объема производства Австралии и 37 процентов мирового производства [2].

На рисунке 3 показана доля Западной Австралии в мировом производстве продуктов минерального и нефтегазового секторов и, как видно из этого рисунка, она очень значительна.

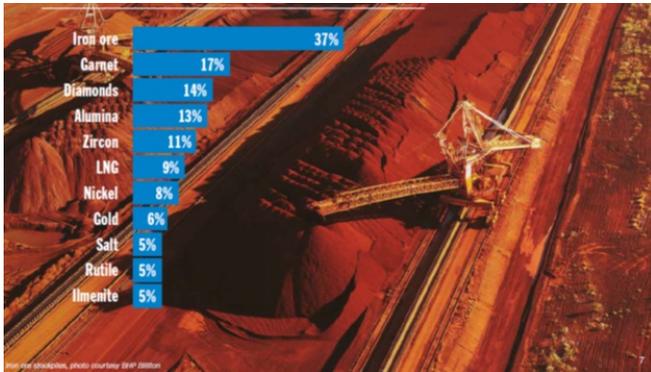


Рис. 3 Доля Западной Австралии в мировом производстве продуктов минерального и нефтегазового секторов [2]

Запасы редких минералов, включая графит и редкоземельные элементы, такие как иттрий и торий, либо присутствуют в Западной Австралии, либо производятся. Эти редкие минералы необходимы для технологий будущего, например, суперконденсаторов, которые будут использовать нетрадиционные, быстро заряжающиеся электромобили или литий-ионные батареи в интеллектуальных устройствах. Графен - в сто раз прочнее стали - будет использоваться для создания гибких изделий и гибких экранов электроники. Эти вещества будущего находятся тоже здесь в недрах Западной Австралии.

Шесть из семи ведущих международных энергетических компаний основали свои региональные офисы в Перте. Разнообразие сектора ресурсов Западной Австралии означает, что фирмы должны реагировать на широкий круг проблем горнорудной и смежных отраслей. Техническая мощь и изобретательность, накопленные в разных средах и местностях этого штата, все время расширяли профессиональный диапазон людей. Горнодобывающие компании используют свои навыки и опыт за рубежом, где западные австралийские компании проводят геологоразведочные работы и учреждают производственные предприятия на шести континентах, таким образом получая также доступ к знаниям. Многие дают для сбора знаний этого сектора то, что Западная Австралия является второй лучшей юрисдикцией в мире по геологической привлекательности в соответствии с рейтингом Институтом Фрейзера. Западная Австралия идеально расположена, чтобы поставлять миру широкий спектр полезных ископаемых, в том числе в азиатские страны, которые производят автомобили, морские суда и современную электронику. Страны, обещающие наибольший экономический рост в XXI веке находятся в зонах Индийского и Тихого океанов, а так же в Африке - в близких к Петру часовых поясах, что очень

важно для бизнеса.

Перт идеально подходит для ведения бизнеса по всему миру, за счет разделения рабочего времени (плюс или минус два часа) с большей частью населения мира, включая некоторые из самых густонаселенных и динамических его экономик. Вход Австралии в регион Азии и Индийский океана находится всего в пятичасовом перелете из Сингапура или четырех часов из Джакарты. Преимущественная глобальная позиция Западной Австралии, близость и устойчивость означают, что она идеально расположена для удовлетворения потребностей все более богатых Азиатских регионов. У этого штата есть возможности для удовлетворения не только потребностей в ресурсах и энергии таких стран, как Китай, Япония и Южная Корея, но также их спроса на премиальные продукты питания, туризм и качественное образование. Западная Австралия разделяет зону рабочего времени с 60% населения мира. Транспортная доступность Западной Австралии показана на рисунке 4. На нем же указано время полетов или рейсов морских судов.



Рис. 4. Транспортная доступность Западной Австралии [2]

### III. УМНЫЕ ГОРНОРУДНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ RIO TINTO В ПИЛБАРА И ЗАПАДНОЙ АВСТРАЛИИ.

Но Западная Австралия это суровая для жизни человека земля. Пилбара — регион в западной части Австралии, знаменит своими полезными ископаемыми и невероятной жарой. Этому региону принадлежит, например, мировой рекорд по продолжительности жары выше 100 градусов по Фаренгейту (37,8 градусов Цельсия) длившейся 160 дней. Здесь на гигантской территории живет менее 40 000 человек и почти 9000 из них заняты в добыче железной руды. Руды этой столько, что даже при самой интенсивной добыче её хватит более чем на 50 лет.

Основной проблемой компаний, занятых добычей полезных ископаемых в Пилбаре, является недостаток квалифицированного персонала для очень тяжелых условий работы. Очень трудно найти людей, которые даже за большую зарплату (средняя зарплата, к примеру, машинистов локомотивов там составляет порядка 20 000 долларов за двухнедельную вахту) согласных работать в постоянном стрессе и жаре Пилбара.



Рис. 5. Карта рудников железа, морских портов и железных дорог в районе Пилбара (источник - правительство штата Западная Австралия)

После открытия (правительством WA) региона Пилбара для добычи в 1960-х годах четыре компании начали добывать и экспортировать железную руду. Район Пилбара - это горнопромышленный центр в Западной Австралии (рисунок 5), где было открыто крупное месторождение железной руды в 1961. Запасы руды оцениваются в 8 млрд. тонн с содержанием железа 48—68%. Из-за расстояний от шахт до морских портов железные дороги были построены как наиболее экономичный способ транспортировки руды. В отличие от других линий в Западной Австралии, которые были построены для режима узкоколейки, все линии Pilbara были построены в формате стандартного калибра Ассоциации американских железных дорог, как для поездов, так и для погрузочно-разгрузочных устройств [3]. Карта рудников железа, морских портов и железных дорог в районе Пилбара приводится на рисунке 5. Там же показано, насколько далеко Пилбара находится от Перта (более 1500 км.). По состоянию на начало 2014 года длина железных дорог для добычи и транспортировки железной руды в Пилбаре составляла 2295 километров [3].

Первые десятилетия этого века были золотым веком для Западной Австралии. К тому времени, когда весь остальной мир проснулся от подъема в Азии, Западная Австралия быстро стала ведущим мировым поставщиком минералов и энергии этого региона. Азиатский век начался в 1960-х годах, когда это штат Австралии предоставил железную руду в быстрорастущую послевоенную Японию.

Теперь штат является ведущим поставщиком минералов и энергии в следующие страны быстрой урбанизации - Китай, Индию и страны Юго-Восточной Азии. Целые города в Китае были построены с использованием ресурсов, извлеченных из его недр. В 2013 году на Западную Австралию приходилось сорок семь процентов мирового экспорта железной руды.

В том же году Западная Австралия составила семьдесят один процент от всего экспорта Австралии в Китай, пятьдесят процентов всего экспорта в Корею и

сорок девять процентов экспорта в Японию. Китай является основным направлением крупнейшего экспорта штата. Семьдесят шесть процентов железной руды Западной Австралии пребывает туда, наряду с 64 процентами золота и двадцатью двумя процентами его экспорта энергии.

Это создало замечательные возможности процветания для штата, поскольку объемы производства и цены взлетели. Валовой государственный продукт Западной Австралии на душу населения становится одним из самых высоких в мире на 103 770 долл. США, что на пятьдесят три процента выше, чем в среднем по стране (67 932 долл. США).

Но ничто не длится вечно. Инновации нелегко даются горнодобывающему сектору [5]. В этом уже рискованном и дорогостоящем бизнесе, правда, инновации очень трудно обосновать экономически. Проверенные технологии намного проще продавать советам и инвесторам чем те, которые требуют скачка веры. Общий отказ горнодобывающих компаний от инновационного риска состоит в том, что, когда это относится к инновациям, они предпочитают быть быстрыми последователями. Они хотят быть «первыми, кто станет вторыми» [5].

Тем не менее, существует настоятельная потребность в инновациях в горнодобывающем секторе. Эта индустрия испытала 30-процентное снижение производительности за последнее десятилетие, согласно исследованию 2015 года McKinsey [5]. Котировки цен на сырьевые товары сжимают прибыль или полностью ее устраняют; расходы, включая труд, продолжают расти; и депозиты становятся все более трудными и дорогими для доступа. Компании должны срочно обратиться к неэффективности их операций, чтобы оставаться конкурентоспособными, обеспечивая при этом их социальную лицензию для работы. Проблемы велики, и для многих инновация - это ответ [5] на то, почему стали нужны умные горнорудные предприятия.

За годы экономических успехов горнодобывающей компанией Rio Tinto в Пилбара были созданы предпосылки для внедрения цифровых решений, чтобы максимально исключить дорогую рабочую силу и убрать значительное число сотрудников из плохо переносимых условий работы. Как и в случае с Силиконовой долиной цифровое будущее началось в 2008 году, когда Rio Tinto крупнейшая горнорудная компания региона и мира, рискнула несколькими миллионами долларов инвестиций при поддержке некоторых провидцев. Этот шаг начал цифровые изменения в пути Rio Tinto и других ведущих горнорудных компаний в мире и того, как шахтеры начинают работать с использованием цифровых технологий. В запущенной в 2008 году программе «горнорудное предприятие будущего» (программа Mine of the Future™) Rio Tinto сегодня добилась значительных успехов с момента ее старта. Программа была создана, чтобы помочь компании найти инновационные способы извлечения полезных ископаемых при одновременном снижении воздействия на окружающую среду и повышении безопасности труда

и эта многоцелевая (онтологическая) задача помогла компании стать самой автоматизированной добычей полезных ископаемых в мире [5]. Сегодня можно найти в литературе быстро становящееся популярным название «умное горнорудное предприятие», и это, в том числе, свидетельствует о практической успешности начатого в Пилбара.

Автоматизация привела к ряду важных достижений на железных рудниках компании в регионе Пилбара в Западной Австралии. Так Rio Tinto теперь является крупнейшим владельцем и оператором в мире автономных транспортных систем (AHS), а в Пилбаре работает 71 автоматизированный большегрузный грузовик (полезно посмотреть его размеры и внешний вид на рисунке 7). AHS грузовики, ориентированные на совместно используемые технологии GPS видеоконтроля и управления, так, что эта автоматизация помогла обеспечить более эффективное и безопасное перемещение горнорудного материала. То, что когда-то было научной фантастикой, теперь является «обычным делом» на трех железорудных рудниках Rio Tinto. Эти рудники Rio Tinto в Пилбара являются первыми в мире, которые перемещают всю свою железную руду с использованием полностью автоматизированных грузовых автомобилей без водителя [6].

Rio Tinto одним из первых в отрасли приняла автоматизацию, и это видно во многих аспектах операций на рудниках. В дополнение к грузовым автомобилям AHS в группе «Железная руда» работает семь полностью автономных буровых систем (ADS) для бурения продувочных скважин, а беспилотные летательные аппараты проходят испытания для оценки запасов и оказания помощи в проведении природоохранных мероприятий и работ по техническому обслуживанию. В приблизительно 1500 километрах от рудников, Пертский операционный центр действует как «нервный центр» системы горнорудных предприятий. Здесь команда центра, насчитывающая около 400 человек, контролирует всю деятельность компании на рудниках Пилбара в режиме реального времени - вплоть до каждого грузовика [6].

Водителям - людям требуются регулярные перерывы, а грузовики AHS могут работать почти 24 часа в сутки, 365 дней в году, останавливаясь только на заправку и техническое обслуживание. С 2008 года автономный парк (флот) на рудниках компании в Пилбара превысил пилотируемый флот в среднем на 14 процентов, а также снизил эксплуатационные расходы на 13 процентов [6]. Автомобили без водителя предназначены для более эффективной доставки своих грузов, минимизации задержек и сокращения затрат, связанных с обслуживанием, эксплуатацией шин и потреблением топлива. Одним из преимуществ, которые получили горняки с автономной перевозкой - это согласованность в отношении того, как работают эти машины.

Технология GPS - аналогичная той, которая используется в автомобильных навигационных системах, - является центральной частью автономной транспортной системы Rio Tinto (AHS). Грузовики AHS

специально созданы с использованием современных компьютеров, которые выполняют обычные задачи, связанные с вождением транспортного средства, такие как запуск двигателя, ускорение и торможение (рисунок 7). Затем компьютеры реагируют на маршруты GPS, контролируются удаленно операторами, чтобы обеспечить большую безопасность работы. Для такой автоматической добычи полезных ископаемых в Rio Tinto сделали цифровую карту всей зоны активности горнорудного предприятия (рисунок 6) и поместили ее в систему, а затем система разработала, как должны маневрировать грузовики через эту зону. Грузовики запрограммированы на максимально эффективное транспортирование грузов и оснащены системами обнаружения близости и предотвращения столкновений для выявления и предотвращения опасностей. Для выполнения этих функций цифровая карта должна отслеживать изменения рельефа и часто обновляться. В энергетическом разделе мы приведем иллюстрации последовательности применений ГИС, они имеют много общих черт, так как посвящены одной теме полезные ископаемые (рисунки 22-26).



Рис. 6. Зона активности горнорудного предприятия Rio Tinto в Пилбара (источник - Rio Tinto)



Рис.7. Автономный грузовик Rio Tinto (источник - Rio Tinto, 2010)

Однако необходимо иметь цифровые ГИС данные не только о состоянии поверхности, но и о размещении руды под землей, и они должны быть согласованы между собой (рисунок 8). Одним из последних нововведений в рамках программы Mine of the Future™ является внедрение системы RTVis™, которая работает так же, как ультразвук или лазерный сканер, и обеспечивает 3D-изображения рудных месторождений в реальном времени, расположенных далеко под поверхностью земли. Объединение этой технологии с грузовиками без водителя и автономными

бурильными машинами привело к увеличению добычи руды и снижению затрат. Это связано с тем, что цифровые знания обеспечивают более точное сверление и взрывную обработку, уменьшенное использование взрывчатых веществ и лучшую классификацию отходов. В результате, на грузовиках перевозится меньше отходов и больше руды. Все это стало возможным при применении формальных онтологических ГИС-моделей, транспарентных по отношению к другим формальным онтологиям необходимыми для построения работающих информационных систем, о которых пойдет речь дальше.



Рис. 8. Получение преимуществ путем расчетов на цифровых картах для автономных грузовиков и бурильных машин [6].

Произошло переопределение отношений между людьми и машинами в духе того, что говорится в [4], когда роботы берут на себя тяжелые и трудно выполнимые рабочие функции, а человек более интеллектуальные. В то время как внедрение автоматизации привело к сокращению некоторых традиционных эксплуатационных ролей в добыче полезных ископаемых, оно также создало новые - от карьерных патрульных, которые помогают управлять грузовыми автомобилями на местах, до технических специалистов, которые обслуживают интеллектуальные системы.

«Когда мы переопределяем отношения между человеком и машиной, нам также необходимо создать будущую рабочую силу, отличную от той, которая была у нас ранее. Некоторые основные навыки по-прежнему требуются, но с новыми технологиями автоматизации мы должны применять их по-новому и по-разному, чтобы выполнять наши операции. Например, произойдет переход к новой форме высококвалифицированного персонала, лежащего в основе нашего бизнеса, часто со статистическими рассуждениями в качестве сильного аргумента», - говорит Эндрю Хардинг, исполнительный директор Rio Tinto, Iron Ore [6]. Люди будут продолжать играть важную роль в повседневной работе операций горнорудных компаний Пилбары. «Несмотря на чрезвычайные достижения в области технологий, для задач, которые являются более сложными и требуют высокого уровня решения проблем, нам нужен

человеческий подход», - сказал Эндрю Хардинг, исполнительный директор Rio Tinto, Iron Ore [6].

В Rio Tinto сегодня самый большой парк грузовых автомобилей без водителя в мире. Грузовики находятся в действии на предприятиях железной руды Пилбара, удаленно контролируемых из современного операционного центра в Перте, что в 1500 км. В конце 2017 года Rio Tinto объявила о более чем 50-процентном расширении парка автономных автомобилей до более чем 130 грузовиков к 2019 году. В феврале 2018 года автономные грузовики компании превзошли перевозку одного миллиарда тонн руды [7]. Пертский операционный центр действует как «нервный центр» системы; команда контролирует всю деятельность компании в режиме реального времени (рисунок 9).



Рис. 9. Пертский операционный контрольный центр Rio Tinto [6]

Rio Tinto стала первой горнодобывающей компанией, которая добилась полностью автоматизированного бурения скважин без вмешательства человека. Их автономная система сверления позволяет одному оператору из удаленного места одновременно работать до четырех автономных буровых установок. Эта технология намного безопаснее для оператора и улучшила как точность, так и использование оборудования. В настоящее время в нашей компании «Железная руда» работают семь полностью автономных установок для бурения скважин [7].

Технология 3D-визуализации RTVis™ в Rio Tinto обеспечивает 3D-модели рудных месторождений в реальном времени, расположенных далеко под поверхностью, которые ранее не могли быть измерены. Это позволяет более точно выполнять сверление и взрывные работы, сокращать использование взрывчатых веществ и улучшать классификацию отходов. В целом, сегодня, благодаря, в том числе, и цифровым технологиям, себестоимость добычи железной руды в

Rio Tinto одна из самых низких в мире, что обеспечивает соответствующую доходность.

Действующая в Rio Tinto система автоматизации шахт (MAS) позволяет объединять множество потоков данных, в том числе с устройствами и оборудованием, для обеспечения оперативной информации в режиме реального времени для повышения производительности в архитектуре интернета вещей. Это помогает дать лучшее представление о том, что такое объективная оценка, прежде начинать обустривать шахту или рудник и является мощным ресурсом для повышения производительности труда.

Важно отметить, что MAS и RTVis™ являются результатом партнерства с Сиднейским университетом [7], где в течение десяти лет Rio Tinto Center для автоматизации горнорудных предприятий создает и развивает шахты и рудники будущего. Партнерство было взаимовыгодным для университета и Rio Tinto, позволяя студентам брать теоретические модели и тестировать их на месте в горнорудных предприятиях. Поскольку сегодня приходится стремиться разрабатывать больше шахт на больших глубинах, Rio Tinto, разрабатывает вместе с учеными и использует технологии для обеспечения безопасности людей - такие как датчики для мониторинга условий, автономные транспортные средства для транспортировки руды и сложные системы вентиляции для создания комфортной рабочей среды.

Внедрение автоматизации в добычу полезных ископаемых приносит лет Rio Tinto значительные выгоды [7]:

Внедрение автономных перевозок означает, что больше материала можно перемещать эффективно и безопасно, повышая производительность.

RTVis теперь используется более чем на 95% наших открытых рудников, повышая производительность и снижая затраты.

Центр операций в Перте позволяет управлять всеми рудниками, портами и железнодорожными системами из одного места, что значительно расширяет возможности для совместного использования и общего улучшения системы. В настоящее время центр контролирует сеть из 16 шахт, 1700 км железной дороги, четырех портовых терминала и две электростанций.

#### IV. ТЕХНОЛОГИИ ДАННЫХ И ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ОБЪЕДИНЯЮЩИЕ АВТОНОМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАДАНЫХ ГОРНОРУДНЫХ ПРОДУКТОВ

Однако, одна только низкая себестоимость добытой руды это только половина дела. Ее еще надо довести и отгрузить потребителю в нужной кондиции. Для этого ведущие горнодобывающие компании, такие как Rio Tinto, разрабатывают и внедряют автономные технологии транспортировки для собственных нужд и используют большие данные для принятия более

разумных решений в реальном времени. Каковы некоторые из возможностей и проблем, связанных с этими достижениями?

Компания Rio Tinto Pilbara является вторым по величине экспортером железной руды в мире, объединяющим 16 шахт, четыре портовых терминала и 1700 км железнодорожной и связанной инфраструктуры [8]. Ожидается, что в 2017 году компанией планируется произвести и отправить около 330 миллионов тонн [9].

Rio Tinto продает железную руду, адаптированную к потребностям потребителей сталелитейного производства, примером которой является смесь Pilbara. Ни одна шахта Rio Tinto не может производить смесь, поэтому компания должна спланировать конечный продукт, отрегулировав и извлекая материалы из своих удаленных шахт, отслеживая материал, смешивая конечный продукт и отправляя его [10]. Процесс это не простой и требует точных измерений и контроля (рисунок 10), но и экономический результат крайне значителен (рисунок 11) и, конечно, строится на цифровых технологиях.

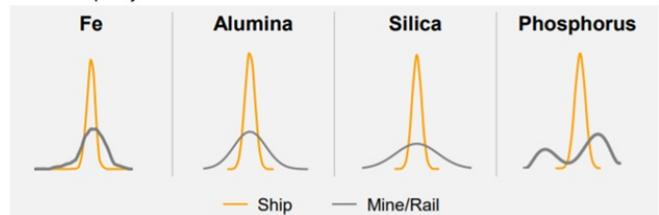


Рис. 10. Отклонение качества продукта от среднего (Источник - RT Chartbook. (2017). [online] Rio Tinto PLC, p.44. Available at: [http://www.riotinto.com/documents/RT\\_chartbook.pdf](http://www.riotinto.com/documents/RT_chartbook.pdf))



Рис. 11. EBITDA FOB добычи железной руды увеличивается на 68% когда достигается значительное распределение между железными рудами высокого качества и низкого качества. Сталелитейщики, нацелены на высоконцентратные / низкопримесные железорудные продукты (источник - Rio Tinto Iron Ore and Steel Forecast Conference 2018)

Горнодобывающие операции исторически действовали как независимые организации, которые демонстрируют значительные изменения производства в любой день и поэтому относятся к рискованным производствам. Обычно шахты нередко связывались между собой, и решения часто делались на местах с ограниченной информацией. С помощью цифровых

технологий больших данных и автономных систем появились новые возможности для решений с большими данными в режиме реального времени для достижения нужных экономических результатов (рисунок 11) и снижения рисков.

Rio Tinto воспользовалась цифровыми возможностями, объединив несколько сложных операций через операционный центр в Перте (рисунок 9), который поддерживает и контролирует свою производственную сеть. Из этого нервного центра операторы осуществляют надзор за парком мобильного оборудования, в том числе самоходными тягачами и сетью автономных поездов [4].

Во втором квартале 2017 года около 20% тоннажа Пилбары были отправлены автономными поездами по железным дорогам с участков шахт в порт с помощью технологии, которую Рио Тинто называет «Autohaul» [9]. Rio Tinto планирует завершить проект к концу 2018 года, проводя около миллиона тонн в день железной руды по своей части железнодорожной сети Пилбара автономно [9]. Испытания уже показали снижение изменчивости и увеличение пропускной способности транспортировки железной руды (рисунок 12), что приведет к снижению затрат на транспортировку, более эффективному перемешиванию и сокращению узких мест в местах переноса горнорудного материала.

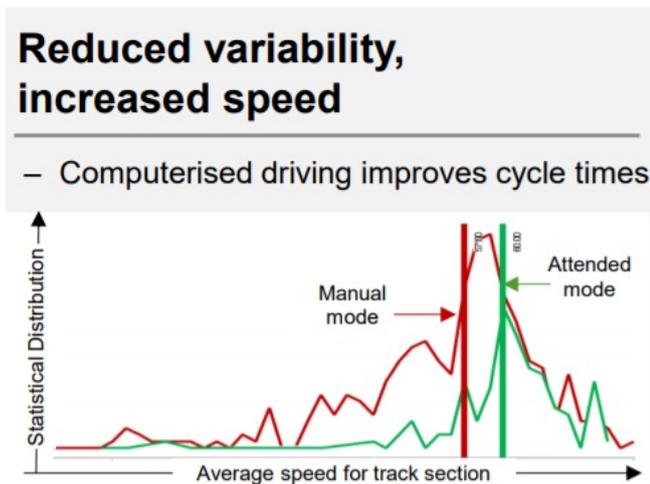


Рис. 12. Сокращение на 1 час среднего времени цикла транспортировки на железных дорогах с помощью Autohaul в 1-м квартале 2017 года (RioTinto.com. (2017). Iron Ore Roadshow p 19. [online] Available at: [http://www.riotinto.com/documents/170809\\_Presentation\\_Iron\\_Ore\\_roadshow.pdf](http://www.riotinto.com/documents/170809_Presentation_Iron_Ore_roadshow.pdf))

В отличие от прошлых транспортных технологий, которые прекратились введением цифрового управления поездами, автономное оборудование может работать 365 дней в году 24 часа в сутки [5]. Но важно и другое введение цифровой системы управления движением поездов (цифровой железной дороги) экономически крайне существенно, потому что позволяет значительно увеличить пропускную способность железной дороги и снизить с затраты на ее обслуживание (рисунок 13).

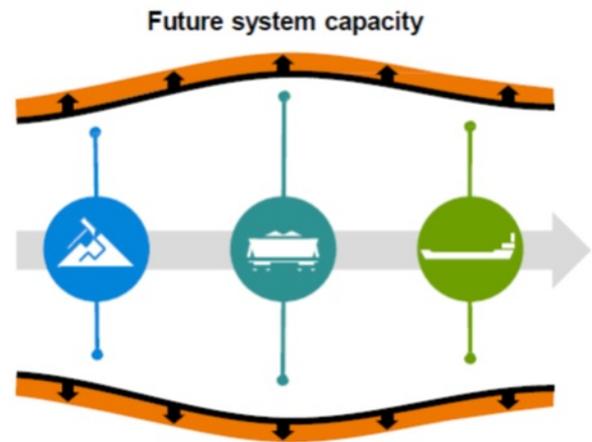


Рис. 13. Будущий рост пропускной системы за счет внедрения цифровых технологий (источник - Rio Tinto Iron Ore and Steel Forecast Conference 2018)

Разработка системы гибкой прибыльности с объемами железной руды стала возможной на базе принципов цифровой железной дороги Rio Tinto. Важно, что именно объективное понимание и конструирование цифровых событий позволило говорить о том, что появились огромные горнорудные цифровые производства (на рисунке 14 показано как выглядит работа автоматической транспортно-производственной системы AutoHaul™, а на рисунке 15 внешний вид поезда в такой системе). Более 60% километров транспортной сети для грузовых поездов теперь уже работают в режиме AutoHaul™, с ожидаемым завершением проекта к концу 2018 года.

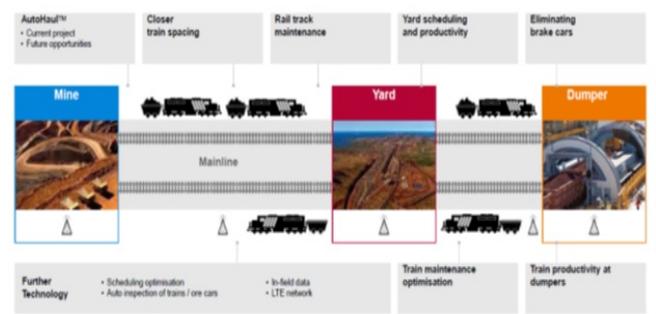


Рис. 14. Как выглядит работа автоматической транспортно-производственной системы AutoHaul™ (источник - Rio Tinto Iron Ore and Steel Forecast Conference 2018)

Наряду с AutoHaul™ существует много возможностей для оптимизации пропускной способности рельсовых систем и повышения их гибкости в рамках концепции цифровой железной дороги. Очень важно, что автоматизация улучшает безопасность рельсовых систем, в том числе, и систем предупреждения и видеонаблюдения на железнодорожных переездах, что приводит к уменьшению необходимости использования легковых автомобилей горнорудными предприятиями.

Оповещения для переездов в системе генерируются из

видеоматериалов поезда, которые наряду с другими цифровыми данными позволяют реализовать автоматическое соблюдение ограничений скорости, модернизировать системы безопасности, включая ODS, CCTV и разместить расширенные предупредительные цифровые вывески.



Рис. 15. Тяжелый поезд в автоматической системе AutoHaul™ (источник - Rio Tinto)

Проект горнорудной цифровой железной дороги привел к модернизации и остального железнодорожного хозяйства. В рамках проекта модернизированы ограждения и ворота, включая 41 активное пересечение железной дороги (переезды) и 86 пассивных пересечений, оборудовано 172 локомотива видекамерами. В результате стало, например, на 1.5 миллиона меньше километров пробега легковых автомобилей.

Цифровое преобразование железнодорожного транспорта не ограничивается только этими направлениями. Для того, чтобы цифровая железная дорога включилась в производственные процессы по типу JIT (точно-во-время) была реализована автоматическая работа с вагонами (ARB). ARB базируется на таком же оптическом решении как остальные автономные средства, обеспечивающее понимание технического состояния вагонов цифровой железной дороги (рисунок 16), которое позволило реализовать:

- Улучшения в безбумажной информационной технологии о вагоне и его истории.
- Улучшения визуализации неисправностей, подлежащих устранению.

- Создание очищенного простого списка неисправностей вагона.
- Закрытие обратной связи при устранении неисправностей.



Рис. 16. Внешний вид устройства для работы с вагонами с помощью ARB (источник - Rio Tinto Iron Ore and Steel Forecast Conference 2018)

#### V. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЦЕПОЧКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ НУЖНОГО КАЧЕСТВА И ЕЕ ПОГРУЗКА НА МОРСКИЕ СУДА КАК ЧАСТЬ ПРОЕКТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОРТОВ (УМНЫЙ ПОРТ).

У Rio Tinto самая большая в мире автоматическая лаборатория по производству железной руды на мысе Ламберт в Пилбара (Рисунок 17). Автоматизация позволяет проводить мониторинг состояния активов морского порта в режиме реального времени и проводить упреждающие настройки системы для разных типов руд, создавать нужную смесь и загружать ее на борт судна (рисунок 18).



Fully automated iron ore port laboratory at Cape Lambert B ensures world class analysis and sampling

Рис. 17. Полностью автоматизированная лаборатория морского порта для измерения и создания нужной смеси руды (источник - Rio Tinto Iron Ore and Steel Forecast Conference 2018).



Рис. 18. Внешний вид морского порта для погрузки руды в Пилбара (источник - Rio Tinto)

Rio Tinto сможет использовать свой центр операций и интегрированные операции в Перте для максимальной эффективности своих активов уже в 2018 году. Помимо прежней информации, умная горнорудная компания сможет сделать выводы из своих больших данных от датчиков (IoT), используя совокупную историю своего мобильного парка, чтобы реагировать на сообщения датчиков, делать упреждающее перемещение оборудования, которое сообщает о проблемах в обслуживании, вместо того, чтобы страдать от повреждения оборудования или менее эффективно, реактивного обслуживания (планово-предупредительного). Созданный полный комплекс автоматизации Rio Tinto сможет прогнозировать время отказа компонентов исходя из своих собственных данных, вместо того, чтобы полагаться на спецификации и руководства, предоставленные производителем [6].

В краткосрочной и среднесрочной перспективе руководство компании должно будет окончательно настроить цифровую сеть транспортировки материалов в Пилбара (Pilbara), определить следующие целевые объекты в фирме для развертывания существующей технологии и определить, какие другие процессы добычи могут быть предоставлены в ней экономически как автономные. Предварительные данные показывают, что общая видимость цепочки поставок продемонстрирует ряд преимуществ в будущем для Rio Tinto. Фирма должна иметь возможность нажимать на внешних трейдеров или убирать их, просто действуя более эффективно. Благодаря синхронизации, координации и автоматизации в рамках своей производственной цепочки Rio Tinto может

дезинтегрировать существующие сети трейдеров, зная свою позицию относительно рынка в любой момент. [6]

Видимость, в сочетании с автономным контролем позволила Rio Tinto быстро изменять ассортимент своей продукции, реагируя на краткосрочные колебания цен между железорудными смесями. Если автоматизация операций в Rio Tinto сможет гибко подстраивать свою продукцию к спросу (что почти неслыханно в горнорудной отрасли), сбыт и маркетинг фирмы могут привлечь большие средства для развития на рынке. В этом ключе, как нам представляется, следует изучить вопрос о том, как интегрировать в систему (сеть) Rio Tinto Pilbara Operations корабли, традиционно автономные, что позволит фирме еще больше сократить расходы и повысить рентабельность [13].

Как видно из вышесказанного в ближайшем будущем компания Rio Tinto сможет добывать как данные, так и руду, чтобы сохранить свою позицию в качестве флагманской компании мира по природным ресурсам. Но цифровые технологии также создают несколько дилемм. Новые шахты всегда должны быть построены. Сообщества были открыты для горнорудных компаний частично и из-за рабочих мест, которые создает эта индустрия. По мере того как горнорудное дело продолжает автоматизироваться, в полевом пространстве будет меньше рабочих мест. Те, которые остаются, будут далеки от основных операций и потребуют большего образования, чем существующие должности. Если горнорудные предприятия не обеспечивают значительную занятость сообществам, в которых они работают, шахты рискуют своей социальной лицензией для работы, и их проекты может быть трудно начать. В какой мере индустрия может автоматизироваться и оставаться социальной покажет время. Может ли Rio Tinto оставаться технологическим лидером в этом пространстве, как горнорудная компания, стоящая перед стартапами и техническими гигантами? Является ли более рентабельным для Rio Tinto продвижение вперед по этой технологии или же она должна искать партнерские отношения с другими операционными цифровыми компаниями? Можно ли создать прибыль, продавая советы или собственные технологии другим фирмам?

## VI. ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА АВСТРАЛИИ

Не смотря на то что цифровые технологии начали применяться конкретной компанией Rio Tinto то что сделано является достижением как Западной Австралии так и всей федерации Австралия. Железнодорожная тематика так же движется в Австралии очень быстро в городах и между ними. Первой большой работой в этом направлении была [23] от 2013 года. Эта Дорожная карта «На пути к 2040 году» представляет собой коллективный взгляд на железнодорожную отрасль, в котором участвовали более 210 участников из более чем 110 организаций. Проект финансировался Департаментом транспорта правительства федерации и правительствами штатов в партнерстве с

промышленностью. On Track to 2040 [23] определил отраслевое видение и указал на 18 приоритетных возможностей среди 80 перспективных приложений местных возможностей и технологий. Он же представил 22 стратегических рекомендации для поддержки отрасли в достижении ее целей.

Правительство Австралии публично намерено изучить возможности для более быстрого пассажирского железнодорожного сообщения между нашими основными городами и нашими регионами [21]. В [21] говорилось что: «Ускоренная быстрая железная дорога Австралии, соединяющая столичные города и инициативу центров прилегающих районов была объявлена во вторник 9 мая 2017 года в рамках бюджета 2017-18 годов. Инициатива будет изучать улучшения железнодорожных соединений между городами Австралии и прилегающими к городам районами ... и должна будет продемонстрировать более быстрое время поездок поездов через новые или модернизированные железнодорожные инфраструктуры.

Эта инициатива является частью пассажирской железнодорожной программы австралийского правительства. Она включает:

- совершение инвестиций в железнодорожные перевозки в течение следующих 10 лет через 10 млрд. Долл. США Программа железной дороги объявлена в бюджете 2017-18 годов;
- поддержку планирования городских улучшений пассажирских вагонов в наших крупных городах;
- инвестирование в партнерство с правительствами штатов и территорий для пассажирских перевозок на железных дорогах; а также
- достижение основанного на фактах мнения о возможных будущих приоритетах в области железных дорог с помощью наших пяти крупных городов и прилегающих регионов».

В сентябре же 2017 года Австралийская ассоциация железных дорог (ARA) представила Национальный План железнодорожной промышленности для Австралии (NRIP) для правительства Содружества на круглый стол министров в парламенте, Канберра, в котором приняли все заинтересованные стороны. На рисунке 19 показаны объемы проектов штатов по железнодорожной тематике.

Свои исследования [15] Австралийская ассоциация железных дорог (ARA) которые представлены на рассмотрении были очень убедительны. Так, в них отмечалось [15], что:

«Существует неоспоримый факт для разработки Национального плана для железнодорожной отрасли на благо Австралии. Инвестиции в железные дороги правительствами Австралии будут порядка 100 миллиардов долларов до 2030 года. По сравнению с тем, что будут инвестировать правительства Содружества \$ 89 млрд. в морское судостроение до 2055. Последние инвестиции должны быть поддержаны еще военно-морским Планом судостроения. Вклад железных дорог в экономику Австралии меньше, чем судостроения. Для

железных дорог национальный план имеет большую логику. Это потому что Содружество, государства и Правительства территорий заинтересованы в разработке эффективной Австралийской железнодорожной системы - так что план координации этих усилий необходим.



Рис. 19. Снимок финансовой активности в железнодорожном секторе по штатам Австралии (источник - ARA 2017 год.)

Железнодорожная промышленность вносит значительный вклад в австралийскую экономику. Идти вперед, с надлежащим планированием вместе с Содружеством, государством и Вклад правительства территории, суть Отраслевого план Национальная железная дорога для пользы Австралии, который будет значительно помогать отрасли полностью реализовать свой потенциал.

Австралия зависит от эффективной транспортной системы. Каждый год почти один миллиард человек пассажирских перевозок делают австралийцы на тяжелых и легких железнодорожных сетях в нашей столице, городах и с помощью региональных сервисов. Около 1,5 млрд. тонн грузов, в основном навалочных грузов, перемещаются по железной дороге каждый год. Этот объем задач для пассажиров и грузов быстро растет.

Железная дорога - крупный работодатель, непосредственно на ней трудятся около 200 000 человек или косвенно участвуют через грузовые и пассажирские перевозки операторов, владельцев путей и менеджеров, производителей, поставщиков, подрядчиков, консультантов и правительственных администраций. Вклад в австралийскую экономику сейчас составляет около 26 млрд. долл. США, но это может значительно увеличиться с правильной политикой.

Правительства Содружества, штатов и территорий признают значение железной дороги в Австралии. Их инвестиции в рельсовый транспорт, вероятно, превысят 100 млрд. долларов к 2030 году. Эти инвестиции, сделанные в национальных интересах, увеличат свой вклад в нашу экономику через повышение эффективности в общественном транспорте, в грузоперевозках и в работах, созданных в строительстве, приумножении систем управления и поддержания железнодорожных сетей. Все австралийцы будут

бенефициарами.

Важная эра впереди для железной дороги. Это ключевое время и Национальный план железнодорожной отрасли обеспечит то, что австралийский рельсовый транспорт сможет реализовать свой полный потенциал».

Но австралийцами учитывался не только свой опыт и свои знания. Термин «цифровая железная дорога» зародился в Великобритании, где она активно развивается, что создает большие преимущества для Австралии в части нормативной базы и методологии. В Стратегический план программы цифровой железной дороги, опубликованный 19 января 2018 года [14] относительно целей программы цифровой железной дороги говорится:

«Программа «Цифровая железная дорога» - это программа, основанная на выгодах, которая включает в себя перекрестные отраслевые программы обмена технологиями, которые будут способствовать комплексному внедрению систем, технологий, бизнеса и людей.

Цифровые технологии являются интегративными, поскольку они требуют более высоких уровней интеграции в процессе отслеживания и поездов, а также между системами управления в реальном времени и бизнес-системами ИТ. Цифровые системы сигнализации развертываются на подвижном составе, а также в стационарных инфраструктурах и операционных центрах, связанных с системами планирования расписания. Это вызывает необходимость в новом способе работы, требующем новых навыков, которых нет в настоящее время на железных дорогах Великобритании. Это объединяет железнодорожные системы через телекоммуникационные и информационные системы в режиме реального времени.

Программа цифровой железной дороги - это отраслевая программа, ведущая к трансформации железной дороги посредством цифрового управления поездом и сигнализацией. Достигнут значительный прогресс в наладке поездов с использованием оборудования для езды с использованием европейской системы контроля поездов (ETCS). Однако разработка новых способов работы с цепочкой поставок и альтернативной моделью закупок имеет основополагающее значение для преобразования сети в доступный путь. Этот сложный сдвиг направлен на переход от географических конкретных обновлений сигналов, к интегрированному пакету вмешательств в партнерстве с франшизами и совместной работе с поставщиками для достижения требуемых результатов на основе всех затрат на жизненном цикле.»

Необходимо сказать, что в Австралии сегодня очень развиты онтологические практики и в частности в местном отделении buildingSMART (открытый BIM и стандартизация цифрового строительства и эксплуатации зданий и сооружений). Так в техническом отчете № TR 1010 Требования к BIM менеджеров инфраструктурных активов [16] опубликованном в

начале 2018 года и имеющим общемировое значение в части формального управления активами в жизненном цикле для железных дорог сказано, что «Транспорт для Нового Южного Уэльса (Австралия), как представляется, имеет наиболее всесторонне разработанный взгляд на это».

В цифровой экономике именно онтологические подходы сегодня уже становятся стандартом и цифровой трансформации подвергаются не только горнорудные предприятия или железные дороги, но и сами цифровые технологии. Для обеспечения прозрачности, семантической связанности проектов и соответствии требованиям латентности во многих цифровых проектах стали играть ключевую роль формализованные онтологические методы, позволяющие быстро аккумулировать технологические знания из открытых источников к конкретным физическим условиям и способами, применяемыми компьютерами и другими вычислительными устройствами. Так, на сайте упомянутого выше министерства транспорта (Транспорт для Нового Южного Уэльса) [www.asa.transport.nsw.gov.au](http://www.asa.transport.nsw.gov.au) можно найти удивительную формализованную онтологическую модель практически всей транспортной сети Австралии опубликованную в качестве стандарта: «Модель архитектуры транспортной сети Номер документа T MU AM 06011 MO Версия 1 Модель архитектуры транспортной сети».

Мы полагаем, что именно эта формализованная модель и вызвала столь лестный отзыв в [16]. Авторы так же полагают, что это очень интересный документ, который позволяет быстро, дешево и качественно строить объекты транспортной инфраструктуры. То, что модель включает в интегрированном виде морской и воздушный транспорт, очень существенно упрощает решение синхромодальных транспортных задач, которые сегодня одни из ключевых в цифровых цепях поставок. Именно формализованные онтологические модели позволяют создавать совершенно разные представления описываемого объекта (железной дороги в нашем случае). Такая формализованная онтологическая модель позволила сгенерировать новую нормативную базу для железных дорог Австралии в виде нормативных документов, которые можно посмотреть на сайте [www.asa.transport.nsw.gov.au](http://www.asa.transport.nsw.gov.au). Так для примера мы взяли [17] «Управление междисциплинарными проектами в области железнодорожной инфраструктуры» (Multi-Discipline Rail Infrastructure Design Management), и на нас этот документ произвел не меньшее впечатление, чем на автора [16]. Однако в списке источников приведено еще несколько стандартов [18,19,20], во-первых, чтобы показать читателю некоторое разнообразие и, во вторых, указать на стандарт [19], как на европейскую систему сигнализации и управления – ETCS, являющуюся одной из основ цифровых железных дорог Европы и Китая.

Австралийская ассоциация железных дорог (ARA) в работе [15] и ряде других подчеркивает, что вклад железных дорог в развитие Австралии не меньше, чем у

судостроения, и имеет большее обоснование из-за значительного повышения эффективности, которое может быть достигнуто в сотрудничестве между Содружеством и Правительствами территорий. Совместный подход, который привлекает правительства Содружества, штатов и территорий состоит в том, что они вместе с промышленностью, могут опираться на преимущества железной дороги для преодоления неэффективности, присущей нашей нынешней государственной системе. Ожидания правительства и промышленности на сегодняшний день были разрозненными и несогласованными.

Недавно ARA поручила от Deloitte Access Economics оценку выгод от железной дороги для австралийской экономики. Краткое изложение результатов изложено в Приложении 5 [15] «Стоимость железной дороги и вклад железной дороги в Австралии» включает:

- Положительное влияние Rail на пробки на дорогах - один пассажирский поезд замещает около 800 автомобилей с дорог, и один грузовой поезд замещает 110 большегрузных грузовиков с дорог
- Положительное влияние железнодорожный транспорт оказывает на затраты - меньше заторов, меньше аварий приводят к сокращению затрат на поддержание автодороги
- положительное влияние железнодорожного транспорта на выбросы
- позитивное влияние железнодорожного транспорта на время коммутирования и живучесть в коридорах роста и в ближних районах
- Позитивное влияние железных дорог на социальную интеграцию, здоровье и благополучие.

Более конкретно, в отчете Делойте указано, что:

- Каждое путешествие пассажиров, совершаемое по железной дороге вместо автодороги, приносит пользу обществу от 3,88 долл. США до 10,64 долл. США за счет сокращения заторов, аварий и затрат на выбросы углерода
- Автомобильный груз производит в 14 раз больше дорожно-транспортных происшествий, чем фрахт на тонну километр и в 16 раз больше загрязнения углерода, чем железнодорожные перевозки на тонну километр
- Перемещение грузов по железной дороге вместо автодороги порождает выгоды для общества около 1,45 цента на тонну километр. Это означает, что если все грузовые перевозки между Сиднеем и Мельбурном путешествовали бы по железной дороге, это принесло бы социальные выгоды в размере 111 млн. долл. США в год
- В соответствии с ценами на 2015-16 гг. При переключении с дороги на железную дорогу на каждый коммутируемый (за 15 км) в Сиднее позволил бы:
  - o Избегать затрат на углерод 4,06 центов
  - o Сэкономить 27.30 минут в пути
  - o Избегать генерации 2,1 кг в выбросах CO<sub>2</sub>
  - o Сэкономить 9,22 доллара США при перегрузке
  - o Сэкономить 1,38 доллара США на расходах на несчастные случаи.

Обоснование NRIP и выгоды, которые будут вытекать

из него, являются оправданием для бюджетных ассигнований, направленных на осуществление NRIP.

АРА продолжает переговоры с Содружеством, штатами и правительственными министрами территорий и их соответствующими департаментами о реализации NRIP подчеркивая, что необходимо условие постоянного диалога, чтобы правительство поддерживало финансирование процесса реализации.

## VII. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СЕКТОР ЗАПАДНОЙ АВСТРАЛИИ - ПРОЕКТ SHELL «ПРЕЛЮДИЯ»

Сжиженный природный газ (СПГ) является важной главой в истории ресурсов Западной Австралии. Из-за того, что энергетика штата заправляет свою экономику в качестве одного из крупнейших экспортеров, СПГ является сферой технологического мастерства и ведущей областью инноваций в Западной Австралии. Из множества энергетических проектов штата мы выбрали проект Shell «Прелюдия» названный так по имени корабля, спущенного на воду в 2017 году в Южной Корее.

Судно Shell «Прелюдия» с плавающим сжиженным природным газом (FLNG), построено в Южной Корее и предназначено для разведанного участка бассейна моря в двухстах километрах от береговой линии Кимберли в Западной Австралии. Этот проект представляет собой первую технологию в мире, предназначенную для извлечения, сжижения, хранения и транспортировки СПГ в море с помощью корабля Shell «Прелюдия» водоизмещением при полной загрузке 600 000 тонн, что в 6 раз больше, чем водоизмещения самого большого авианосца или самого большого морского корабля сегодня в мире.

Будучи первым хозяином такого судна FLNG, Западная Австралия с ее новым опытом проведет мир, как считают в Перте, в своих навыках и командах. Ее инженеры, технические эксперты, оперативный экипаж и службы поддержки будут иметь конкурентное преимущество в качестве первых в мире коммерческих практиков технологии FLNG [27]. Поскольку эти объекты, возможно, станут обычным явлением штат, как они считают [1], будет на переднем крае этой эволюции.

Для приёма вертолётов плавучий завод имеет две посадочные площадки. Береговой центр поддержки и управления располагается в городе Перт, столице штата Западная Австралия, и соединён с заводом оптоволоконным кабелем. База снабжения, с которой вспомогательные суда будут доставлять расходные материалы и продукты, расположена в городе Дарвин в штате Северные Территории Австралии. Одновременно жилые помещения завода рассчитаны на 240 человек при одиночном размещении и 340 в период остановочных ремонтов.

Газ месторождения, где уже установлено судно Prelude является жирным с повышенным содержанием тяжёлых углеводородов, в то время как целевой продукт

СПГ — чистый метан. Поэтому в процессе производства на заводе Prelude будут также получать побочные продукты — стабильный конденсат и СУГ (бутан-пропан). Производство конденсата также принесёт значительную прибыль.

Персонал завода работает вахтовым методом по графику 3 недели работа — 4 недели отдых — 3 недели работа — 5 недель отдых, с 12-часовыми сменами без выходных. В настоящее время уже выпущены соответствующие инструкции для персонала, и мы приводим некоторую их часть в [29,30]. Все перелёты персоналу оплачиваются. Таким образом, персоналу предоставлена возможность жить в любом городе Австралии. Большая часть сегодня добирается из городов Восточного побережья Австралии регулярными рейсами в Перт, со стыковкой в Бруме. Далее для доставки рабочих смен на борт используются вертолёты. Перелёт из Брумы с остановкой для дозаправки в местечке Дилиджин занимает около 3 часов.

Двигатели судна предназначены для постоянного позиционирования корпуса относительно направления ветра и течения путём вращения вокруг поворотной причальной каретки в носовой части корпуса. Такая конструкция позволяет безостановочное производство даже при тропических циклонах 5-й категории ветер более 55 м/с, порывы до 78 м/с, которые нередки в Тиморском море

Основная идея реализации столь сложного проекта — открытие новых возможностей для разработки малых шельфовых месторождений природного газа на удалённых от побережья, разработка которых ранее была экономически нерентабельной из-за высокой стоимости подводных и наземных сооружений. Обычный наземный завод по производству СПГ для покрытия капитальных затрат на строительство должен быть соединён с месторождением газа, близким к берегу и достаточным по объёму, чтобы обеспечить полную загрузку технологических линий в течение десятилетий. Однако таких месторождений в мире становится всё меньше и в будущем по мере их истощения энергетическая промышленность для поддержания добычи на достигнутом уровне будет вынуждена заниматься вовлечением в разработку проблемных трудноизвлекаемых запасов, наряду с постепенным увеличением доли возобновляемых источников энергии. В настоящее время единственным экономически обоснованным способом разработки малых месторождений является плавучий завод СПГ. Такой плавучий завод, по мере истощения пласта, может быть сравнительно легко и дёшево перебазирован на следующий лицензионный участок в любом месте мира. Перенос производства в море позволяет сократить расходы и минимизировать политические и экологические риски, сопряжённые со строительством длинных подводных трубопроводов и наземных заводов СПГ. Такая гибкость никогда ещё не была возможной и размещение завода в море открывает совершенно новую страницу в истории нефтегазовой отрасли. Это также

важнейший шаг для мировой энергетики в эпоху, когда эра легкодоступных природных ресурсов подходит к концу, и разработка проблемных месторождений видится наиболее надёжным источником энергии в ближайшем будущем.



Рис. 20. Как выглядит Prelude FLNG В MOPE (источник - Shell Australia)



Рис. 21. Как выглядит Prelude FLNG в порту. (источник - CNBCDisplacing)

25 июля 2017 г. Shell Australia подтвердила, что ее плавучий завод Prelude прибыл в австралийские воды [31]. На рисунке 20 читатель может увидеть, как выглядит Prelude в открытом море, и, чтобы была возможность оценить гигантские размеры этого завода-корабля, мы приводим рисунок 21, показывающий как выглядит Prelude FLNG в порту по сравнению с портовыми сооружениями и буксирами.

Prelude (Прелюдия) - это первое развертывание технологии FLNG от Shell, с которой компания планируется выходить на рынок [31]. Австралия планирует опередить Катар в 2019 году по производству СПГ, который экспортирует 77 млн. тонн СПГ в год, и стать мировым лидером этой части энергетического сектора [32]

Но, как и в предыдущих случаях, за этими удивительными событиями стоят физика – математические знания и их прикладные дисциплины формализованные онтологии. Одна из них это геоматика — современная дисциплина, которая объединяет сбор, моделирование, анализ и управление данными, которые имеют пространственную привязку (работает с данными, идентифицированными согласно их местоположениям). Базирующаяся на достижениях географии и геодезии, геоматика использует наземные, морские, воздушные и спутниковые датчики для получения пространственных и связанных с пространственными данными. Она включает процесс преобразования пространственно привязанных данных с

определёнными точностными характеристиками из различных источников в обычные информационные системы.



Рис. 22. Жизненный цикл добычи энергоносителей (источник – компания ESRI)

В жизненном цикле добычи энергоносителей (рисунок 22) геоматика занимает очень важное место. Так на первых двух этапах именно геоматика позволяет проводить оценку состояния морского дна для добычи углеводородов (рисунок 23).



Рис. 23. Оценка состояния морского дна для добычи углеводородов (источник – компания ESRI)

Успех, как и в случаях горнорудного предприятия в Пилбара и будущего успеха железных дорог Австралии, обеспечивается онтологической транспарентной ГИС-моделью шельфа (рисунок 24), которая позволит как хранить оптимальным образом данные, так и работать с ними в режимах реального времени, требующихся в цифровой экономике для описанных проектов. Для полноты картины на рисунке 25 мы приводим то, как сегодня выглядят средства сбора объективных данных о состоянии морского дна. Все это позволяет создавать производственные ИТ-инструменты для работы в системах, основанных на онтологиях GIS и WEB W3C (рисунок 26).

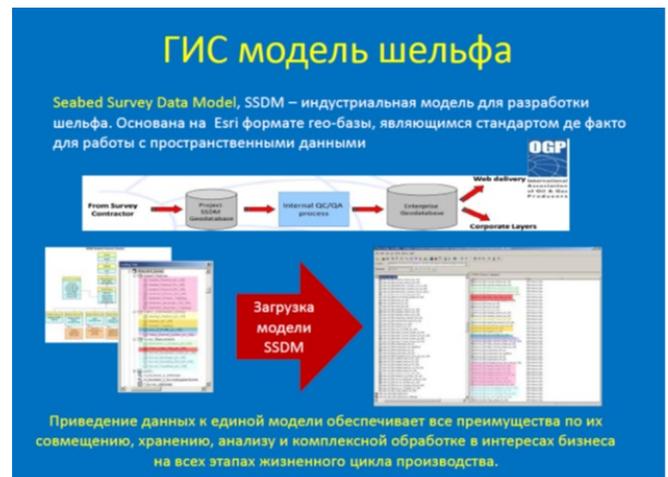


Рис. 24. Онтологическая ГИС-модель шельфа (источник – компания ESRI)

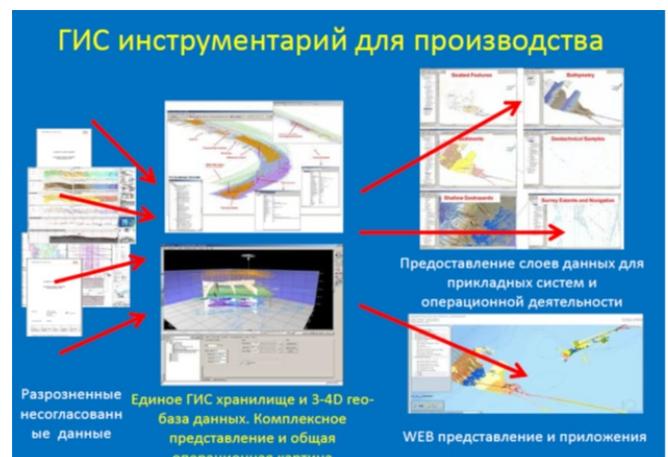


Рис. 25. Инструменты ГИС для работы в системах, основанных на онтологиях WEB W3C (источник – компания ESRI)



Рис. 26. Современные способы сбора данных о состоянии морского дна (источник – компания ESRI)

## VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Будущее будет построено людьми, которые используют свой интеллект и ловкость для разработки решений проблем повседневной жизни. Процветание, как социальная гармония, зависит от тех, кто может

создать новую ценность, воплощая в жизнь успешные идеи: дизайнеров, инженеров и ученых. Мы называем их мыслителями. Дизайнеры во всех их формах, особенно технологи и инженеры, являются наиболее перспективными агентами долгосрочного богатства. Инженеры используют технические знания для решения проблем общества. История показала нам, что инженеры, волонтеры и разработчики проблем разрабатывают решения и технологии, которые фактически создают экономический рост. Сегодня силиконовая долина ведет мир к созданию богатства, изобретательству и технологиям. Она обладает наибольшей концентрацией инженеров в мире. Города энергетики - Калгари, Хьюстон и Перт - имеют следующий самый высокий уровень. Решения, которые создают ценности и доходность: это определение инноваций. Перт - уникальный в Австралии для плотности своего инженерного таланта – сегодня стал инновационным центром Австралии с особыми сильными сторонами в горнодобывающей промышленности и ресурсах используя онтологии больших данных и науку о данных. Заметим, что в отчете за 2015 год отмечается, что “прямой вклад передовых физико-математических наук в Австралии уже равен 11% австралийской экономики (около 145 млрд. долларов в год)” [1].

Решения для горнорудных компаний, опробованные в Западной Австралии, начали широко распространяться по миру. На рисунке 27 наглядно показано число зарубежных компании ASX (горнодобывающих), зарегистрированных в Западной Австралии и активных за рубежом.



Рис. 27. Экономическая дипломатия: Добыча полезных ископаемых за рубежом. Зарубежные компании ASX, зарегистрированные в Западной Австралии, и активные за рубежом [1]

То, как развивается экономика в Западной Австралии, оказывает огромное влияние на всю страну. В 2017 году австралийцы стали мировыми рекордсменами благодаря 26 годам непрерывности экономического роста. За последний век, Австралия получила 15 Нобелевских премий. В работе [26] австралийцы следующим образом прогнозируют развитие своей страны до 2030 года:

«Инновации также будут иметь решающее значение

для рынка занятости в Австралии в 2030 году. Несмотря на нынешний опасения по поводу автоматизации, искоренения рабочих мест, в 2030 году дефицит рабочих является более вероятной проблемой, чем нехватка рабочих мест. В Австралии старение населения означает, что надвигающийся пенсионный бум создаст 6-процентный дефицит в количестве работников, необходимых для поддержания роста валового внутреннего продукта (ВВП) в 2030 году. Инновации необходимы для создания более экономичных и социальных возможностей для австралийцев к 2030 году. С ослаблением инвестиционного бум ресурсов и с учетом нашей стареющей популяции, Австралия должна найти новые источники роста и повышения производительности для поддержания нашего уровня жизни. Самые большие возможности роста будут получены благодаря знаниям компании, которые внедряют инновации и экспортируют их, поскольку они являются наиболее прибыльными, конкурентоспособными и продуктивными. Этим компаниям будет все чаще необходимо решать глобальные проблемы. Когда они преуспеют, они дадут свой вклад в рост новых рабочих мест в Австралии... Это произойдет как при прямой занятости, так и в косвенных рабочих местах во всей экономике от компаний в цепочке поставок или в экономике услуг и сервисов для их работников».

В целом, как считают в [25], именно «Цифровая экономика и технологии, лежащие в ее основе, являются основополагающими для успеха Австралии. Они создают возможности для наших сообществ и нашего бизнеса, способствуют конкурентоспособности и производительности, а также укрепляют взаимодействие в нашей широкой стране»

Инженеры Западной Австралии имеют глобальный опыт и ориентацию. В период с 2006 по 2011 год более семидесяти пяти процентов новых инженеров иностранного происхождения. Талантливые экспатрианты привносят свежие идеи и глобальный опыт в сектор внутренних ресурсов Западной Австралии и ее поддерживающие отрасли. Наличие этих работников и их знаний создает среду, в которой появляются новые предприятия, продукты и услуги. Иностранцы профессионалы с большей вероятностью будут предпринимателями, которые патентуют свои изобретения, коммерциализируют лицензии и публикуют исследования. Исследования показали, что большинство квалифицированных мигрантов обучают местных коллег во время их пребывания. Специализированные знания иностранных рабочих - особенно по проектированию, обслуживанию и эксплуатации сложных машин и технологий - разливаются для австралийских рабочих. Этот обмен знаниями и навыками имеет положительные последствия для местных инноваций и исследований и разработок. На международном уровне были подтверждены положительные корреляции между утверждением квалификации и уровнем патентования. Так образовалась новая цифровая жила обмена

формализованными знаниями Западной Австралии (рисунок 28) и центра ее развития - города Перта.



Рис. 28. Новая цифровая жила Западной Австралии [1]

Численность населения Перта удвоилась с 1973 года (сегодня там живет более 2 млн. жителей), и прогнозы показывают, что к 2060 году он удвоится до 5,5 миллионов человек (рисунок 28). В нем говорят на 270 языках и есть 100 религиозных конфессий, которые правительство штата называет «супер различием». Многонациональное население города представляет собой человеческий опыт и международные связи, которые охватывают весь мир, в том числе, имеющие единые мировые формальные языки математики, физики и онтологии, вложившими свой вклад в цифровую экономику Австралии.

Year	High	Medium	Low
2030-31	3,852,000	3,690,000	3,545,000
2040-41	4,558,000	4,226,000	3,959,000
2050-51	5,262,000	4,710,000	4,300,000
2060-61	5,961,000	5,140,000	4,565,000

Source: WA Tomorrow, Population Report No. 9 Long Term Population Forecasts for Western Australia, 2031 to 2061 (WAPC)

Рис. 29. Три прогноза роста населения Западной Австралии [28]

Авторы надеются, что предложенные для обсуждения примеры развития и мысли о движущих пружинах этих преобразований, подобранные с учетом интересов развития российской цифровой экономики, как мы полагаем, могут быть интересными и полезными и для

российских предприятий, начавших свои цифровые трансформации.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] State of Mind. Knowledge Society Pty Ltd and The University of Western Australia, 2015
- [2] WESTERN AUSTRALIA'S LNG: FUELLING THE FUTURE . Published by The Department of State Development April 2016
- [3] Pilbara [https://en.wikipedia.org/wiki/Pilbara\\_Railways](https://en.wikipedia.org/wiki/Pilbara_Railways) Retrieved: May, 2018
- [4] Соколов, И. А., et al. "Роботы, автономные робототехнические системы, искусственный интеллект и вопросы трансформации рынка транспортно-логистических услуг в условиях цифровизации экономики." International Journal of Open Information Technologies 6.4 (2018).
- [5] Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF). (2018). Innovation in Mining: Report to the 2018 International Mines Ministers Summit. Winnipeg: IISD.
- [6] Driving productivity in the Pilbara [http://www.riotinto.com/ourcommitment/spotlight-18130\\_18328.aspx](http://www.riotinto.com/ourcommitment/spotlight-18130_18328.aspx) Retrieved: May, 2018
- [7] Smarter technology <http://www.riotinto.com/ourcommitment/smarter-technology-24275.aspx> Retrieved: May, 2018
- [8] Riotinto.com. (2017). Driving Productivity in the Pilbara. <http://www.riotinto.com/australia/pilbara-4691.aspx> Retrieved: May, 2018
- [9] Rio Tinto Q2 2017 Report. (2017). Rio Tinto, p.2. [http://www.riotinto.com/documents/170718\\_Rio\\_Tinto\\_releases\\_second\\_quarter\\_production\\_results.pdf](http://www.riotinto.com/documents/170718_Rio_Tinto_releases_second_quarter_production_results.pdf) Retrieved: May, 2018.
- [10] Rio Tinto Groundbreakers. (2017). Pilbara Blend. <https://riotintogroundbreakers.com/30-pilbara-blend/> Retrieved: May, 2018.
- [11] The Digital Revolution – Mining starts to reinvent the future. (2017). [ebook] Deloitte, pp.1-13. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/deloitte-au-er-digital-revolution.pdf> Retrieved: May, 2018
- [12] Digital Transformation Initiative – Metals and Mining Industry. (2017). [online] Accenture, pp.4-12. [https://www.accenture.com/t20170116T084456\\_w\\_us-en/\\_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-Mining-And-Metals-Industry.pdf](https://www.accenture.com/t20170116T084456_w_us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-Mining-And-Metals-Industry.pdf) Retrieved: May, 2018.
- [13] Куприяновская, Ю. В., et al. "Умный контейнер, умный порт, BIM, Интернет Вещей и блокчейн в цифровой системе мировой торговли." International Journal of Open Information Technologies 6.3 (2018).
- [14] Digital Railway Programme Strategic Plan Network Rail 19 January 2018 – RF9 update
- [15] A NATIONAL RAIL INDUSTRY PLAN FOR THE BENEFIT OF AUSTRALIA. ARA 2017
- [16] Infrastructure Asset Managers BIM Requirements. Technical Report No. TR 1010. Author: Phil Jackson, on behalf of buildingSMART International Infrastructure Room .Version 1: published 2018 / 01 / 09
- [17] T MU MD 00014 GU Multi-Discipline Rail Infrastructure Design Management Version 1.0 Issued date: 17 January 2018. State of NSW through Transport for NSW 2018
- [18] T HR EL 99002 ST Substation Minimum Construction Standard Version 1.0 Issued date: 02 March 2018. © State of NSW through Transport for NSW 2018
- [19] T HR SC 00003 ST Circuit Design Standard – ETCS Level 1 Interface Circuits Version 2.0 Issued date: 20 December 2017. State of NSW through Transport for NSW 2017
- [20] T MU MD 00009 SP AEO Authorisation Model Version 2.0 Issued date: 29 August 2017. © State of NSW through Transport for NSW 2017
- [21] Faster rail prospectus. Australian Government. © Commonwealth of Australia 2017
- [22] Draft Strategy - Future Transport 2056, October 2017 NWS Government 2017
- [23] On track to 2040. Preparing the Australian rail supply industry for challenges and growth. Roadmap. Australian National University . Australian Government Modified Date: 15/07/2013.

- <https://industry.gov.au/industry/IndustryInitiatives/AustralianIndustryParticipation/SupplierAdvocates/Pages/Library%20Card/OnTrackTo2040-Roadmap.asp>
- [24] Rail IRC Key Findings Paper. February 2018. Australian Industry Standards Ltd.
- [25] The Digital Economy: Opening up the conversation. Australian Government 2017 <http://industry.gov.au/digitaleconomy>
- [26] Innovation and Science Australia 2017, Australia 2030: prosperity through innovation, Australian Government, Canberra. Commonwealth of Australia 2017
- [27] GROWING AUSTRALIA'S FLNG SUPPLY CHAIN. POTENTIAL OPPORTUNITIES FOR THE AUSTRALIAN SUPPLY CHAIN TO PARTICIPATE IN SERVICING THE NEEDS OF FLOATING LNG FACILITIES. Ulfire 2017
- [28] WESTPORT: Preparing for the Strategy. Government of Western Australia December 2017.
- [29] Prelude FLNG Terminal Information Book - LPG. Shell Australia 4.0.14/02/2018
- [30] Prelude FLNG Terminal Regulations 26/03/2018 Shell Australia Pty Ltd 6.0
- [31] Prelude arrives in Australia - a new era for the LNG industry <https://www.shell.com/media/news-and-media-releases/2017/prelude-arrives-in-australia.html> Retrieved: May, 2018
- [32] В 2019 году Австралия станет крупнейшим экспортером СПГ в мире, опередив текущего лидера – Катар <https://energybase.ru/news/industry/v-2019-godu-avstralia-stanet-kрупnejshim-eksporterom-spg-v-mire-operediv-2018-01-10>. Retrieved: May, 2018

# The digital economy of Western Australia - smart mining, oil, gas enterprises, railways, seaports, and formalized ontologies

Igor Sokolov, Alexander Misharin, Vasily Kupriyanovsky, Oleg Pokusaev, Oleg Larin

*Abstract*— The article deals with issues related to the construction and development of the digital economy in one particular region. As an example, Australia is considered, the digital sector of which may become the largest in the country in the next five years. The digital revolution affects all areas of the Australian economy. Prior to this, the Australian economy was known as the world's leading mining industry, a food producer and a supplier of fuel and energy products. Today, according to statistics, Australia's leading mining and energy companies are already one step ahead of their colleagues in the economically successful implementation of digital technology. Naturally, in such successes of digital transformations, there are key components. One of them is a formalized ontology, the development of which in the world today is paid the most attention. In the article, on specific examples, the authors tried to show specific digital transformations in Australia and their moving hidden springs. The authors hope that the examples of development and thought about the driving springs of these transformations, chosen in consideration of the interests of the development of the Russian digital economy, can be interesting and useful for Russian enterprises that have started their digital transformations.

*Keywords*— digital economy, digital railways, automation, ontologies.