

УДК 332.05+338.28

DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-2-19-28

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ РЕСУРСОВ ВОСТОЧНЫХ САЯН И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

### EVALUATION OF THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE IRKUTSK REGION FERROUS METALLURGY BASED ON THE RESOURCES OF THE EASTERN SAYANS AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

**В. Ю. Рогов**, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск  
rogovvu@mail.ru

**V. Rogov**, Irkutsk national research technical University, Irkutsk



Создание Восточно-Сибирской металлургической базы является неременным условием для осуществления процессов реиндустриализации, включая промышленное и гражданское строительство, машиностроение для горной отрасли, химической промышленности и др. Имеющиеся возможности формирования перспективной сверхмощной железорудной базы для Урала и Западной Сибири на основе Бакcharского месторождения обуславливают создание в Восточной Сибири горно-металлургических предприятий преимущественно местного значения. Перспективные ограничения по использованию природного газа в производстве железа, экологические и инвестиционные ограничения для доменного производства обуславливают использование технологий жидкофазного восстановления железа с применением энергетических углей. Концентрация групп железорудных месторождений в Иркутской области позволяет создать горно-металлургические комбинаты возле городов Усть-Илимск, Тайшет, Тулун. Вовлечение значительных ресурсов титаномагнетитов возможно при решении проблемы разработки более эффективных технологий получения металлического титана. *Объект исследования* – ресурсы месторождений железорудного и угольного сырья Иркутской области в процессе оценки возможности и эффективности их использования в составе перспективных горно-металлургических производств. *Предмет исследования* – технологические и ресурсные предпосылки размещения в Иркутской области крупных объектов горно-металлургических комплексов по прямому производству железа. *Цель исследования* состоит в определении перспективных месторождений и проявлений железорудного и угольного сырья с учетом возможностей применения имеющихся технических и технологических решений по транспортировке, обогащению и металлургическому переделу для комплексной переработки. *Задачи исследования* заключаются в оценке возможностей крупных железорудных месторождений Западной Сибири с использованием новых технологий для обеспечения потребности металлургических предприятий Урала и Кемеровской области; обосновании новой концепции перспективной металлургической базы Восточной Сибири; определении перспективной базы размещения горно-металлургического комбината в Иркутской области. *Методика и методы исследования*: методика исследования строится на системном представлении горно-металлургического комплекса, создаваемого на территориальном сочетании сырья и топлива в соответствии с теорией энерго-производственных циклов, в которых реализуются перспективные (инновационные) технологии. При определении степени приоритетности освоения титаномагнетитовых месторождений учитывается возможность использования получаемых титан-содержащих продуктов. Показано, что главная металлургическая база Иркутской области может быть создана в районе г. Тулун на основе использования железорудных ресурсов Восточного Саяна. Топливная база обеспечивается ресурсами Иркутского угольного бассейна. Для снижения инвестиционных и текущих затрат, связанных с транспортировкой угля и руды или концентратов, предложено использовать пульпопроводы

**Ключевые слова:** черная металлургия, титаномагнетитовые руды, уголь, жидкофазное восстановление железа, Иркутская область, Восточный Саян, размещение, горно-металлургический комбинат, инновационные технологии

The creation of the East Siberian metallurgical base is an indispensable condition for the implementation of reindustrialization processes, including industrial and civil construction, engineering for the mining industry, the chemical industry, etc. The existing opportunities are the formation of a promising heavy-duty iron ore base for the Urals and Western Siberia based on the Bakcharskoye deposit causes the creation in Eastern Siberia of mining and metallurgical enterprises, mainly of local importance. Perspective restrictions on the use of natural gas in iron production, environmental and investment restrictions for blast-furnace production determine the use of liquid-phase iron reduction technologies using thermal coals. The concentration of groups of iron ore deposits in the Irkutsk region makes it possible to create mining and metallurgical plants near the cities of Ust-Ilimsk, Taishet, Tulun. The involvement of significant resources of titanomagnetites is possible when solving the problem of developing more efficient technologies for producing metallic titanium. *The object of the research* is resources of iron-ore and coal deposits in the Irkutsk region in the process of assessing the possibility and efficiency of their use in the prospective mining and metallurgical industries. *The subject of the research* is technological and resource prerequisites for location of large objects of mining-metallurgical complexes for direct production of iron in Irkutsk region. *The aim of the research* is to identify promising deposits and occurrences of iron ore and coal raw materials, taking into account the possibilities of application of existing technical and technological solutions for transportation, enrichment and metallurgical processing for complex processing. *The objectives of the research* are: to assess the potential of large iron ore deposits of Western Siberia using new technologies to meet the needs of metallurgical enterprises in the Urals and Kemerovo region; to determine a new concept of promising metallurgical base of Eastern Siberia; to determine a promising base for the placement of mining and metallurgical plants in the Irkutsk region. *Methodology and research methods.* The research methodology is based on a systematic representation of the mining-metallurgical complex created on the territorial combination of raw materials and fuel in accordance with the theory of energy-production cycles, in which promising (innovative) technologies are implemented. When determining the degree of priority development of titanium-magnetite deposits, the possibility of using the resulting titanium-containing products is taken into account.

It is also shown that the main metallurgical base of the Irkutsk region can be created in the area of the city of Tulun on the basis of the use of iron ore resources of the Eastern Sayan. The fuel base is provided by the resources of the Irkutsk coal basin. To reduce investment and current costs associated with the transportation of coal and ore or concentrates, it is proposed to use slurry pipelines

**Key words:** *ferrous metallurgy, titanomagnetite ores, coal, liquid-phase reduction of iron, Irkutsk region, Eastern Sayan, accommodation, mining and smelting plant, innovative technologies*

**В**ведение. Планы создания Восточно-Сибирского металлургического комбината мощностью 7...8 млн т стали в год разрабатывались, начиная с 30-х гг. XX в. [6]. В настоящее время головным предприятием черной металлургии в области является ПАО «Коршуновский ГОК». Металлургический передел представлен Братским заводом ферросплавов, выпускающим 84 тыс. т / год высококремнистого ферросилиция (16 % от российского производства), подконтрольной компании «Мечел».

Необходимость создания в Иркутской области мощного металлургического производства объясняется не только имеющимися ресурсными возможностями, но и объективной потребностью формирования в Восточной Сибири третьей индустриальной базы страны в рамках общего процесса реиндустриализации. Без мощной металлургической базы решение этой системной задачи невозможно.

*Актуальность исследования.* Сложившиеся проблемы обеспечения рудным сырьем металлургических предприятий Кемеровской области (Западно-Сибирский и Кузнецкий металлургические комбинаты) уже в ближайшей перспективе могут быть кардинально решены за счет ресурсов Бакчарского месторождения. Причем, главная проблема трудной обогатимости оолитовых руд может быть решена при использовании технологии жидкофазного восстановления железа «Ромелт» в версии дуплекс-процесса [16].

На другом, восточном, полюсе сибирских железорудных месторождений находится Чинейское месторождение титаномagnetитов с запасами 1 млрд т и прогнозными ресурсами 30 млрд т. Содержание в рудах Fe – 21 ... 54 %, TiO<sub>2</sub> – 4,93 %, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,34 % [23]. В сочетании с ресурсами Апсатского месторождения углей (прогнозные ресурсы – 2,2 млрд т, балансовые запасы – 969 млн т) титаномagnetиты Чинейского

месторождения также могут быть переработаны по бездоменной технологии.

Расстояние от Новокузнецка до Иркутска составляет 1796 км. Транспортные издержки по доставке в Байкальский регион из Кемеровской области и Урала превышают 25 % от цены металла. Сходные прогнозные издержки по доставке металла из Забайкалья на юг Иркутской области. Транспортный фактор предопределяет необходимость развертывания в Прибайкалье собственной металлургической базы при наличии необходимого спектра сырьевых и топливных ресурсов. Современная потребность в металле в Байкальском регионе определяется в 2...3 млн т / год. Требуется определить контуры ресурсной и топливной базы крупного горно-металлургического комплекса, состав и размещение важнейших производственных объектов с целью последующего включения этого комплексного проекта в различного рода предпроектные региональные и отраслевые разработки, программы.

*Объект исследования* – ресурсы месторождений железорудного и угольного сырья Иркутской области в процессе оценки возможности и эффективности их использования в составе перспективных горно-металлургических производств.

*Предмет исследования* – технологические и ресурсные предпосылки размещения в Иркутской области крупных объектов горно-металлургических комплексов по прямому производству железа.

*Цель исследования* состоит в определении перспективных месторождений и проявлений железорудного и угольного сырья с учетом возможностей применения имеющихся технических и технологических решений по транспортировке, обогащению и металлургическому переделу для комплексной переработки.

*Задачи исследования* заключаются в оценке возможностей крупных железорудных месторождений Западной Сибири с использованием новых технологий для обеспечения потребностей металлургических предприятий Урала и Кемеровской области; обосновании новой концепции перспективной металлургической базы Восточной Сибири; определении перспективной базы размещения горно-металлургического комбината в Иркутской области.

*Степень научной разработанности темы исследования.* Имеющиеся публикации о возможности развития черной металлургии в Иркутской области основываются на создании крупного металлургического комбината (7...8 млн т чугуна, стали) с применением доменного процесса получения чугуна. При этом титаномагнетитовое сырьё рассматривалось в качестве перспективного [6]. Возможности создания металлургического производства в регионе мощностью 10...15 млн т на основе бездоменных процессов с использованием титаномагнетитов рассмотрены в работе А. Ф. Никольского и А. Ф. Шуплецова [18]. Авторы исходят из возможности использования титаномагнетитовых руд Чинейского (Забайкальский край), Мало-Тагульского месторождений и применения в качестве восстановительного топлива угля Иркутского бассейна и природного газа (для плавки руды) месторождений Забайкальского края и Иркутской области. Размещение металлургических комплексов авторы привязывают к местам прохождения магистрального газопровода. Логистическая модель при этом формируется на принципах некоего маятника: руда в обмен на средства производства (металлоизделия). Общие вопросы оценки перспектив развития черной металлургии в Сибири ранее авторами рассмотрены. Однако гипотеза о построении регионального угле-металлургического комплекса в рамках общей теории энерго-производственных циклов (Н. Н. Колосовский и др.) и ее приложений [24] на основе современных бездоменных технологий не рассматривалась. До настоящего времени не рассматривались и вопросы создания в районе г. Тулун металлургического комбината на базе имеющихся ресурсов углей и железных руд ближайших месторождений, расположенных в Восточном Саяне.

*Методика и методы исследования.* Методика исследования строится на системном представлении горно-металлургического комплекса, создаваемого на территориальном сочетании сырья и топлива в соответствии с теорией энерго-производственных циклов, в которых реализуются перспективные (инновационные) технологии. При определении степени приоритетности освоения титаномагнетитовых месторождений учитывается возможность использования получаемых титан-содержащих продуктов.

*Результаты исследования и область их применения.* Основную часть руды Западно-Сибирский и Кузнецкий металлургические комбинаты получают из других ресурсных регионов: КМА, Хакасии, юга Красноярского края. Такая же сложная ситуация имеет место и на предприятиях южного Урала.

Радикальное решение состоит в освоении Бакcharского проявления оолитовых бурых железняков (север Томской области), общие ресурсы которого составляют около 200 млрд т [8. С. 63]. Наиболее продуктивная часть проявления расположена в 150 км от г. Томск. Коэффициент вскрыши составляет 3,54 м<sup>3</sup>/т [8. С. 64]. Одной из проблем освоения Бакcharского месторождения является обогащение и металлургическая переработка. Руды фосфористые. Для переработки таких руд, на наш взгляд, эффективным является применение одностадийного процесса жидкофазного восстановления, в том числе вариации дуплекс-процесса «Ромелт» [16]. В «Стратегии транспортного развития до 2030 года» предусмотрено строительство железной дороги к Бакcharскому месторождению.

В связи с намечаемым строительством Северо-Сибирской железнодорожной магистрали, также включенной в «Стратегию транспортного развития» в рамках общего проекта развития Нижнего Приангарья Красноярского края [19], создаются благоприятные транспортные предпосылки для освоения месторождений гематитовых руд Ангаро-Питской группы (Красноярский край) с разведенными запасами порядка 1,4 млрд т. По мнению Г. Боярко, для преодоления водных преград (р. Енисей или р. Ангара) следует использовать пульпопроводы [4]. Руды гематитовые, труднообогащаемые, требуют обжиг-магнитное обогащение [11. С. 136]. Имеется возможность эффективной переработки гематитовым дуплекс-процессом «Ромелт». Осложняющим фактором остается то, что лишь 1/3 запасов может быть извлечена карьерным способом.

Однако известен вариант отработки месторождений подземным способом с использованием для вскрытия на начальном этапе штолен, затем – неглубоких слепых стволов (И. Н. Эпов), что в сочетании с другими преимуществами подземного метода позволяет обеспечить капитальные затраты ниже, чем при открытой разработке [23. С. 59]. Возможны и комбинированные схемы.

Г. Г. Пирогов [18] предлагает для отработки глубокозалегающих рудных тел на глубине свыше 1500 м применять закладку выработанных пространств подготовленными хвостами обогащения в виде пасты и размещать внутри подземного пространства технологическую часть обогатительных фабрик.

И. В. Соколов с соавторами также указывают, что применение подземных обогатительных комплексов с использованием самоходной техники в сочетании с восходящей камерной выемкой, сухой закладкой нижних этажей и нисходящей выемкой системами с обрушением верхних этажей в одном шаге освоения месторождения позволяет снизить общие затраты, включая расходы на складирование отходов обогащения [21].

Существенно сократить инвестиционные и текущие затраты по транспортировке из мест добычи измельченной руды, концентратов, углесмесей в водной среде возможно с применением трубопроводного транспорта (пульпопроводов). Самый северный пульпопровод в стране «Талнах-Норильск» имеет длину 24 км; по нему доставляется медно-никелевый концентрат. Внутренняя поверхность трубопровода остеклованная. Самый протяженный пульпопровод в стране имел длину 262 км, по которому 3 млн м<sup>3</sup> водугольной смеси в год (по проекту) доставлялось из шахты Инская (г. Белово) до Ново-сибирской ТЭЦ-5. Ведутся исследования по использованию пульпопроводом с внутренним полиуретановым покрытием на Качканарском ГОКе для подачи хвостов обогащения в хвостохранилище [1].

*Усть-Илимский металлургический завод.* Высказанные соображения позволяют рассмотреть в качестве приоритетных к освоению ресурсы Ангаро-Катской группы месторождений (Нерюндинское, Капаевское, Поливское) с суммарными балансовыми запасами 1,13 млрд т, прогнозными – 1,8 млрд т. Магнетитовые руды легкообогащаемы. Особенностью месторождений является покрытие рудного тела «шапкой» мощностью 300...500 м. Наиболее крупным и перспективным к освоению является Нерюндинское месторождение, запасы которого составляют 609 млн т, большая часть которых пригодна для открытой разработки. Общие запасы до глубины 1200...1450 м оцениваются в 1200...1500 млн т. Среднее содержание Fe<sub>общ</sub> – 28...33 %. Месторождение удалено

от г. Усть-Илимск на 100 км. Предлагается транспортировать полученный железорудный концентрат до металлургического завода с применением пульпопроводов.

Для производства 2...3 млн т / год железа (чугуна, стали) возможно создание в Усть-Илимске металлургического завода на основе качественных, с позиции содержания золы и ее состава (наличие щелочных металлов как шихтующих материалов), бурых углей месторождений восточного крыла Канско-Ачинского буроугольного бассейна с получением из них полукокса марки «Термоуголь» [12]. Ближайшим к Иркутской области и одним из крупнейших месторождений бурого угля Канско-Ачинского бассейна является Абанское с балансовыми запасами 16,8 млрд т. Угли содержат 0,36 % серы; зольность – 12 %, общая влага – 34,8 %; низшая теплота сгорания – 3437 ккал/кг. ТЭС Братско-Усть-Илимского ТПК работают на угле Ирша-Бородинского разреза.

Развитие металлургического производства в Иркутской области предпочтительно создавать на современных бездоменных технологиях.

По утверждению разработчиков современных технологий жидкофазного восстановления железа типа «Ромелт», технологии твердофазного восстановления железа (Midrex, HYL, SL/RN и др.) и преимущественно твердофазного восстановления (Cogex, Finex и др.) по экономическим причинам не смогут стать массовой технологией получения первичного железа из руд [22]. Основным преимуществом технологий жидкофазного восстановления железа, на наш взгляд, следует признать высокую энерго-эффективность, поскольку отходящие пар и газы используются для выработки электроэнергии, чем достигается примерно 90 %-й КПД по топливу. По сути, технология является энергометаллургической. Технология «Ромелт» разработана в МИСиС. Установки «Ромелт» не требуют окускованного железорудного сырья, кокса и природного газа (при необходимости). В качестве топлива и восстановителя используется пылеугольное топливо, вдуваемое вместе с рудой. Барботажные процессы происходят с применением кислорода, получаемого с использованием электроэнергии собственной выработки либо со стороны. В качестве попутного продукта можно получать шлаковый клинкер для производства супер-

цемента – щелочного вяжущего [22]. Расчетная мощность барботажных печей составляет 200...250 тыс т / год чугуна.

Вариантом жидкофазной барботажной технологии является процесс, разработанный в промышленной компании «Технология металлов» (г. Челябинск) под названием «МАГМА». По утверждениям разработчиков, технико-экономические показатели процесса превосходят параметры «Ромелт» и Hi-smelt (Австралия) [10; 19]. В этих агрегатах возможна одностадийная переработка титаномагнетитовых руд с получением ванадийсодержащего чугуна и титанистого шлака. Важным достоинством агрегата МАГМА является возможность перерабатывать в сталь полученное железо прямого восстановления при температуре в шихте ниже температуры плавления железа, что позволяет обойтись без сверхмощных дуговых электропечей.

*Тулунский металлургический комбинат.* Предлагаемый комбинат отличается сочетанием мощной топливной (угольной) и разнобразной железорудной базами, способными обеспечить ежегодное производство 10...15 млн т/год и более железа.

В качестве перспективного источника бурого угля для получения в установках кипящего слоя полукокса марки «Термоуголь» в Иркутской области может выступить Мугунское буроугольное месторождение с балансовыми запасами 2,1 млрд т. Месторождение находится в 40 км южнее г. Тулун. Зольность составляет 16,4...18,7 %; содержание серы – 1,26...3,03 %; калорийность – 4213...4237 ккал/кг. В качестве сырья для металлургического топлива можно использовать угли Ишидейского каменноугольного месторождения, которое расположено в 90 км к юго-западу от Тулуна, балансовые запасы составляют 849 млн т. Угли малосернистые (содержание серы 0,54... 0,57 %), содержание летучих веществ близко к 47...48 %. Из углей Ишидейского месторождения также может быть получен полукокс.

Доминирующим по запасам видом железорудного сырья в Иркутской области являются титаномагнетитовые руды. Ильменит-титаномагнетитовые руды могут подвергаться обогащению и селекции на магнетитовый и ильменитовый концентраты. Как показано в работе Д. Э. Манзора и Б. С. Тлеугабулова, на примере руд Собственно Качканарского месторождения [14] целесообразно

но применять двухстадийную переработку титананомагнетитовой руды с относительно низким содержанием железа. На первой стадии используется гравитационное обогащение с получением коллективного концентрата. На второй стадии осуществляется мокрая магнитная сепарация с получением индивидуальных магнетитового и ильменитового концентратов. Полученный после селективного разделения ильменитовый концентрат направляется на производство ферротитана для получения титановой губки или выделения диоксида титана.

Имеются технические решения одноэтапного восстановления титана высокой чистоты, позволяющие сократить расходы энергии в 8...15 раз по сравнению с применяемыми многооперационными процессами [17]. Учитывая имеющиеся предпосылки сокращения затрат на производство металлического титана, следует прогнозировать существенный рост потребления титана, сплавы которого способны заместить около 10 % производимой легированной стали.

Говоря о переработке титаномагнетитовых руд, отметим значение ванадия как важнейшего легирующего металла. На титаномагнетитовые руды приходится 90 % запасов ванадия в нашей стране. Современные цены на мировом рынке на ванадий выше, чем даже на ниобий. В ряде случаев ванадий является заменителем таких легирующих металлов как ниобий, никель.

Основной металлургический центр Иркутской области предлагается разместить в г. Тулун по следующим основаниям:

1) вокруг Тулуна сосредоточены крупнейшие угольные месторождения Иркутского бассейна;

2) около Тулуна, в северной, центральной и южной частях гор и предгорий Восточных Саян, сосредоточены крупнейшие железорудные месторождения;

3) имеется доступ к Транссибирской магистрали и электрическим сетям «Иркутск-энерго».

В связи с подготовкой к освоению Зашихинского месторождения редкоземельных руд (ниобий, тантал), включая строительство к нему автодороги, облегчаются условия для дальнейшего изучения и последующего освоения ресурсов титаномагнетитов: массива Хаактыг-Ой и Верхне-Ийского месторождения.

*Верхне-Ийское месторождение* расположено в 165 км от г. Тулун, в отрогах Окинского хребта Восточных Саян, в 40...50 км от Зашихинского месторождения. Нижняя кромка оруденения находится на глубине 300...400 м. Руды состоят из титаномагнетита (20...30 %), ильменита (3...12 %), магнетита (30...50 %). Запасы руд до глубины 300 м оцениваются в 900...1000 млн т, в том числе с содержанием  $Fe_{\text{общ}}$  свыше 30 % в 300 млн т [11. С. 82].

*Месторождение Хаактыг-Ой* находится в 20 км восточнее Верхне-Ийского месторождения, в верховьях одноименной реки (правый приток р. Ия). Прогнозные запасы до глубины 100 м оцениваются в 1000 млн т с содержанием  $Fe_{\text{раств}}$  15...34 %;  $TiO_2$  – 4...9 %;  $V_2O_5$  – 0,1...0,3 %. Нижняя кромка залегания руд прослеживается до 300...400 м [11. С. 81–82]. В работе [3. С. 29] указывается на тот же размер запасов при среднем содержании 27,2 % железа в руде. Извлекаемость в 55 %-ный концентрат 73 %. В публикации последнего времени по результатам исследований Геологического института СО РАН [13. С. 228] указывается прогнозный размер ресурсов руды в массиве Хаактыг-Ой 5940 млн т, что позволяет определить этот массив в качестве наиболее перспективного к освоению для создания крупного металлургического комбината. Содержание железа определено в 21,2...34,5 % (среднее – 29,5 %),  $TiO_2$  – 5...9 % (среднее – 7 %);  $V_2O_5$  – 0,2...0,25. В этом случае прогнозные ресурсы извлекаемого железа могут быть оценены в 1257 млн т.

Предлагается в месте добычи руды осуществлять только обогащение с получением коллективного концентрата гравитационным методом. Концентрат отправлять по пульпопроводу в район Тулуна. Длина пульпопровода составит около 180 км, ее можно сократить примерно до 130 км, разместив предприятие по разделению концентрата на магнетитовую и ильменитовую фракции в районе деревни Верхний Бурбук Тулунского района. Здесь «Долгосрочной программой развития угольной промышленности России на период до 2030 года» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 24.01.12 № 14-р) предусмотрено строительство угольной теплоэлектростанции мощностью 2000 МВт на базе углей Ишидейского месторождения. Поскольку угли Ишидейского месторождения

пригодны для получения полукокса, целесообразно в районе размещения ГРЭС создать и производство этого продукта, а значит и в целом – всего металлургического комбината, который явится потребителем тепловой и электрической энергии намечаемой ТЭС большой мощности.

Приращение рудной базы рассматриваемого металлургического комплекса возможно за счет ресурсов Таежно-Ерминской и Онотской групп месторождений труднообогатимых железистых кварцитов с общими запасами 500...570 млн т.

С перспективами освоения Белозиминской группы редкоземельных месторождений связаны возможности освоения *Белозиминского проявления магнетитовых руд* ( $Fe_{\text{общ}}$  – 31–32 %), легированных ниобием ( $Nb$  – 0,14 %) и танталом ( $Ta$  0,008–0,01 %), ресурсы которых оцениваются в 320 млн т. Проявление находится на площадке Белозиминского апатит-редкоземельного месторождения [2. С. 10]. Комплексное использование апатит-редкоземельных руд белозиминского рудного района позволяет получать до 600 тыс. т апатитового концентрата, что достаточно для удовлетворения потребностей сельского хозяйства Восточной Сибири.

Протяженность спроектированной в 1964 г. Ленгипротранс автодороги «Тулуна – Белозиминск» составляет 136 км. Предлагается осуществлять транспортировку породы по пульпопроводу до Тулуна с последующим выделением концентратов.

*Тайшетский металлургический комбинат.* Крупной ресурсной базой намечаемого металлургического комплекса может стать и Мало-Тагульское месторождение титаномагнетитов, которое находится на границе Тайшетского и Нижнеудинского района и удалено от Тайшета на 140, от Нижнеудинска – на 160 км. Запасы – 420 млн т до глубины 200 м; прогнозные ресурсы порядка 3000 млн т до глубины 200...300 м. Среднее содержание  $Fe_{\text{общ}}$  – 27,5 %; титана – 5,7 %; ванадия – 0,2 %. Руды месторождения в процессе обогащения разделяются на ильменитовый и титано-магнетитовый концентраты. Ресурсы железа могут быть оценены в 825 млн т. Бурый уголь для получения полукокса предлагается поставлять с Абанского месторождения.

*Химико-металлургический комбинат в г. Усолье-Сибирское.* Требуется интенсивно-

го доизучения Жидойское проявление апатит-перовскит-ильменит-магнетитовых руд с прогнозными запасами до глубины 300 м в 1 млрд 218 млн т. Проявление находится в 66 км к юго-западу от г. Ангарск. Содержание полезных компонентов, %:  $Fe_{\text{общ}}$  – 11,7;  $TiO_2$  – 6,42;  $P_2O_5$  – 2,9. Прогнозные ресурсы:  $Fe_{\text{общ}}$  – 142,5;  $TiO_2$  – 78,2;  $P_2O_5$  – 35,3 млн т [9]. Однако на основании данных проб по 36 скважинам, относящихся к пироксенитам Жидойского массива, которые составляют 95 % его площади, проведенных в Институте геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) [7], автором получены несколько иные средние значения полезных компонентов:  $Fe_2O_3$  – 17,8 %;  $TiO_2$  – 6,15 %;  $P_2O_5$  – 2,02 %. Среднее содержание  $V_2O_5$  определено 0,09 %. На основе приведенных данных получаем следующие оценки прогнозных ресурсов:  $Fe_2O_3$  – 217 млн т;  $TiO_2$  – 74,9 млн т;  $P_2O_5$  – 24,6 млн т;  $V_2O_5$  – 1,3 млн т. Из руд Жидойского массива можно выделять перовскитовый и титаномагнетитовый (66,5 %  $Fe_{\text{общ}}$ ; 3...12 %  $TiO_2$ ; 0,07 %  $V_2O_5$ ) концентраты [5]. Считается, что Жидойский массив является провинцией Белозиминского редкометаллического карбонатитового месторождения [7. С. 97]. В случае выявления дополнительных ресурсов редкоземельных карбонатитов Жидойский массив однозначно может стать первоочередным объектом освоения.

Выявленные ресурсы железорудного сырья Восточно-Саянской железорудной провинции в пределах Иркутской области оцениваются величиной 3,3 млрд т железа в рудах.

#### Выводы

1. Имеющиеся научно-технические разработки позволяют кардинально изменить представления о путях развития российской черной металлургии, начиная от стадии добычи крупнейших в мире месторождений и заканчивая металлургическим переделом новых видов сырья. Преодоление инерционности в технологическом развитии возможно, в том числе с созданием различного рода опытных полигонов и производств с участием частно-государственных венчурных фондов в сочетании с мерами налогового стимулирования.

2. Для построения металлургической базы в Восточной Сибири на основе титаномагнетитовых месторождений потребуются разработка и внедрение новых энергоэф-

фективных технологий получения титана как заманителя части легированных марок стали.

3. Иркутская область обладает значительными ресурсами разнообразных видов железных руд, среди которых доминируют титаномагнетиты Восточных Саян. Мощное металлургическое производство может быть создано в районе г. Тулун с использованием

ресурсов углей Иркутского бассейна. До решения проблемы получения относительно дешевого металлического титана предпочтительным является освоение магнетитовых руд Нерюндинского месторождения (Ангаро-Катская группа) и Белозиминского проявления.

### Список литературы

1. Александров В. И., Васильева М. А. Гидротранспорт сгущенных хвостов обогащения железной руды на Качканарском ГОКе по результатам опытно-промышленных испытаний системы гидротранспорта // Записки Горного института. 2018. Т. 233. С. 471–479. DOI: 10.31897/PMI.2018.5.471.
2. Аликберов В.М., Тигунов Л. П. Состояние и перспективы использования в металлургии легированных чугунов и сталей // Черная металлургия. 2018. № 5. С.10.
3. Борисенко Л.Ф., Делицын Л. М., Полубабкин В. А., Усков Е. Д. Комплексное использование титаномагнетитовых руд. М.: Геоинформмарк, 1997. 67 с.
4. Боярко Г. Сколько жить «длинному плечу»? // Металлы Евразии. 2003. № 5. С. 34–37.
5. Быховский Л. З., Пахомов Ф. П., Турлова М. А. Минерально-сырьевая база и перспективы комплексного использования титаномагнетитовых и ильменитовых магматогенных месторождений России // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 1. С.209–215.
6. Винокуров М. А., Суходолов А. П. Экономика Иркутской области: в 4 т. Иркутск: Изд-во: БГУЭП, 1999. Т. 1. 292 с.
7. Владыкин Н. В., Алымова Н. Жидойский массив щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов: геохимические особенности, его источники и рудоносность // Глубинный магматизм, его источники и плюмы: материалы XV Междунар. семинара. Саки (Крым): Изд-во Института геохимии СО РАН, 2019. С. 94–109.
8. Геотехнологии открытой добычи минерального сырья со сложными горно-геологическими условиями. Новосибирск: Гео, 2013. 307 с.
9. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Восточно-Саянская. Лист N-48-XXXII. Объяснительная записка. М.: ВСЕГЕИ, 2013. 186 с.
10. Гудим Ю. А., Голубев А. А., Занулов И. Ю. Топливокислородный плавильный агрегат непрерывного действия, его применение в металлургии и для утилизации отходов // Вестник ЮУрГУ. 2008. № 21. С.16–23.
11. Иванов В. И., Калугин А. С., Калугина Т. С. Железорудные месторождения Сибири. Новосибирск: Наука, 1981. 238 с.
12. Исламов С. Р. Бурый уголь как основа черной металлургии нового поколения // Уголь. 2017. № 7. С. 17–21. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-7-17-21.
13. Кислов Е. В., Орсов Д. А., Бадмацыренова Р. А. Титаноносные габброидные массивы Западного Забайкалья // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения: материалы Третьей междунар. конф. Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2009. Т. 1. С. 225–229.
14. Манзор Д. Э., Тлеугабдулов Б. С. Разработка технологии комплексной переработки ванадийсодержащих титаномагнетитов // Juvenis Scientia. 2016. № 1. С.13–15.
15. Никольский А. Ф., Шуплецов А. Ф. Маятник XXI века: организация крупнейшего металлургического производства на базе руд Чинейского и Малотагульского месторождений // Известия Байкальского государственного университета. 2018. Т. 28, № 1. С. 44–55. DOI 10.17150/2500-2759.2018.28(1)-44–55.
16. Патент RU2637840 С1. Способ производства чугуна дуплекс-процессом Ромелт (варианты): заявл. 07.12.2017 / Роменец В. А., Валавин В. С.
17. Патент RU 2528941. Способ получения металлического титана и устройство для его осуществления / Семенов Ю, А., Таранов А. С.
18. Пирогов Г. С. Перспективные технологии подземной добычи руд // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. Т. 23, № 2. С. 28–32.
19. Прокофьева Т. А., Гончаренко С. С. Строительство Северо-Сибирской магистрали – один из главных приоритетов развития транспортной системы Сибири и экономики России в целом // В центре экономики. 2020. № 3. С. 5–31.



20. Роменец В. А., Валавин В. С., Похвиснев Ю. В. Технологическая оценка реализации процесса Ромелт в классическом и двухзонном вариантах // *Металлург*. 2014. №1. С. 45–50.
21. Соколов И. В., Смирнов А. А., Антипин Ю. Г., Гобов Н. В., Барановский К. В., Никитин И. В., Соломеин Ю. М., Рожков А. А. Геотехнологические аспекты стратегии освоения крупных железорудных месторождений // *Проблемы недропользования*. 2014. № 3. С. 113–125.
22. Тараканов А. К., Иващенко В. П., Паниотов Ю. С., Бобровицкий С. В. Оценка возможностей совершенствования технологии жидкофазного восстановления железа // *Металлург*. 2004. № 3. С.34–39.
23. Трубочев А. И., Чечеткин В. С., Секисов А. Г., Салихов В. С., Лавров А. Ю., Манзырев Д. В. Стратиформенные месторождения зоны БАМ и проблемы их освоения // *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2012. № 12. С. 54.
24. Шерин Е. А. Концепция цикла производств как инструмент регионального анализа // *Вестник Удмуртского университета*. 2019. Т. 29, № 2. С. 310–318. DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-2-310-318.

## References

1. Aleksandrov V. I., Vasilyeva M. A. *Zapiski Gornogo instituta* (Notes of the Mining Institute), 2018, vol. 233, pp. 471–479. DOI: 10.31897/PMI.2018.5.471.
2. Alikberov V.M., Tiginov L. P. *Chernaya metallurgiya* (Iron and steel industry), 2018, no. 5, p.10.
3. Borisenko L.F. Delitsyn L. M., Polubabkin V. A., Uskov Ye. D. *Kompleksnoye ispolzovaniye titanomagnetitovykh rud* (Integrated use of titanomagnetite ores). Moscow: Geoinformmark, 1997, 67 p.
4. Boyarko G. *Metally Yevrazii* (Metals of Eurasia), 2003, no. 5, pp. 34–37.
5. Bykhovskiy L. Z., Pakhomov F. P., Turlova M. A. *Gornyye informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information and analytical bulletin), 2008, no. 1, pp. 209–215.
6. Vinokurov M. A., Sukhodolov A. P. *Ekonomika Irkutskoy oblasti* (Economy of the Irkutsk Region: in 4 volumes). Irkutsk: Publishing house: BGUER, 1999, Vol. 1. 292 p.
7. Vladykin N. V., Alymova N. *Glubiny magmatizm, yego istochniki i plyumy* (Deep magmatism, its sources and plumes: Proceedings of the XV Intern. seminar). Saki (Crimea): Publishing House of the Institute of Geochemistry SB RAS, 2019, pp. 94–109.
8. *Geotekhnologii otkrytoy dobychi mineralnogo syr'ya so slozhnyimi gorno-geologicheskimi usloviyami* (Geotechnologies of open mining of mineral raw materials with complex mining and geological conditions). Novosibirsk: Geo. 2013. 307 p.
9. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:200 000. Seriya Vostochno-Sayanskaya. List N-48-XXXII. Obyasnitelnaya zapiska* (State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200,000. East Sayan series. Sheet N-48-XXXII. Explanatory letter). Moscow: VSEGEI, 2013, 186 p.
10. Gudim Yu. A., Golubev A.A., Zanolov I. Yu. *Vestnik YuUrgU* (Bulletin of SUSU), 2008, no. 21, pp.16–23.
11. Ivanov V. I., Kalugin A. S., Kalugina T. S. *Zhelezorudnyye mestorozhdeniya Sibir* (Iron ore deposits in Siberia). Novosibirsk: Nauka, 1981, 238 p.
12. Islamov S. R. *Ugol* (Coal), 2017, no. 7, pp. 17–21. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-7-17-21.
13. Kislov Ye. V., Orsoyev D. A., Badmatsyrenova R. A. *Ultrabazit-bazitovyye komplekсы skladchatykh oblastey i svyazannyye s nimi mestorozhdeniya: materialy Tretyey mezhdunar. konf.* (Ultrabasic-mafic complexes of folded areas and related deposits: Proceedings of the Third Intern. conf. Yekaterinburg: Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences), 2009, vol. 1, pp. 225–229.
14. Manzor D. E., Tleugabulov B. S. *Razrabotka tekhnologii kompleksnoy pererabotki vanadiysoderzhashchih titanomagnetitov. Juvenis Scientia* (Development of technology for complex processing of vanadium-bearing titanomagnetite. *Juvenis Scientia*), 2016, no. 1, pp.13–15.
15. Nikolsky A.F., Shupletsov A.F. *Izvestiya Baykalskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Baikal State University), 2018, vol. 28, no. 1, pp. 44–55. DOI 10.17150/2500-2759.2018.28(1)-44–55.
16. *Patent RU2637840 C1. Sposob proizvodstva chuguna dupleks-protsessom Romelt (varianty): zayavl. 07.12.2017 / Romenets V. A., Valavin V. S.* (Patent RU2637840 C1. Method for the production of iron duplex process Romelt (options): Appl. 07.12.2017 / Romenets V. A., Valavin V. S.).
17. *Patent RU 2528941. Sposob polucheniya metallichesкого titana i ustroystvo dlya yego osushchestvleniya / Semenov Yu, A., Taranov A.S.* (Patent RU 2528941. A method for producing metallic titanium and a device for its implementation / Semenov Yu, A., Taranov A. S.).
18. Pirogov G. S. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta* (Transbaikal State University Journal), 2017, vol. 23, no. 2, pp. 28–32.
19. Prokofyeva T. A., Goncharenko S. S. *V tsentre ekonomiki* (In the center of the economy), 2020, no. 3, p. 5–31.
20. Romenets V. A., Valavin V. S., Pokhvisnev Yu. V. *Metallurg* (Metallurgist), 2014, no. 1, p. 45–50.

21. Sokolov I. V., Smirnov A. A., Antipin Yu. G., Gobov N. V., Baranovsky K. V., Nikitin I. V., Solomein Yu. M., Rozhkov A. A. Problemy nedropolzovaniya (Problems of subsoil use), 2014, no. 3, p. 113–125.
22. Tarakanov A. K., Ivaschenko V. P., Paniotov Yu. S., Bobrovitsky S.V. Metallurg (Metallurgist), 2004, no. 3, pp. 34–39.
23. Trubachev A. I., Chechetkin V. S., Sekisov A. G., Salikhov V. S., Lavrov A. Yu., Manzyrev D. V. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta* (Transbaikal State University Journal), 2012, no. 12, p. 54.
24. Sherin Ye. A. *Vestnik Udmurtskogo universiteta* (Bulletin of the Udmurt University), 2019, vol. 29, no. 2, pp. 310–318. DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-2-310-318.

**Информация об авторе****Information about the author**

*Рогов Виктор Юрьевич*, д-р экон. наук, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия. Область научных интересов: геоэкономика, рациональное ресурсопользование  
rogovvu@mail.ru

*Viktor Rogov*, doctor of economic sciences, Irkutsk National Research technical University, Irkutsk, Russia. Sphere of scientific interests: geo-Economics, rational resource management

**Для цитирования**

*Рогов В. Ю. Оценка перспектив развития черной металлургии Иркутской области на основе ресурсов Восточных Саян и инновационных технологий // Вестник Забайкальского государственного университета. 2022. Т. 28, № 2. С. 19–28. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-2-19-28.*

*Rogov V. Evaluation of the prospects for the development of the Irkutsk Region ferrous metallurgy based on the resources of the Eastern Sayans and innovative technologies // Transbaikal State University Journal, 2022, vol. 28, no. 2, pp. 19–28. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-2-19-28.*

Статья поступила в редакцию: 08.02.2022 г.  
Статья принята к публикации: 11.02.2022 г.