



DOI: 10.25178/nit.2025.1.7

Статья

История развития углехимических исследований в Туве

Любовь Х. Тас-оол, Марина П. Куликова

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов
Сибирского отделения РАН, Российская Федерация



В статье представлены неосвоенные ранее аспекты истории геолого-геохимических исследований тувинских углей (Республика Тыва, Россия) с 1982 г. по настоящее время, которые проводились в научных организациях и вузах Тувы.

В 1982–1985 гг. учеными и преподавателями Кызылского государственного педагогического института по заказу Института химии и химической технологии СО АН СССР был изучен минеральный состав углей, процессы пиролиза угля в потоке CO_2 сверхкритического растворения в автоклаве и др.

Дальнейшие исследования углубленной переработки угольного сырья выполнялись специалистами Тувинского комплексного отдела (ТКО) СО АН СССР (в 1986–1995 гг.), Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов (ТувИКОПР) СО РАН (с 1996 г. по н. в.). Исследования позволили раскрыть фундаментальные проблемы обогащения углей Улуг-Хемского бассейна, закономерности их термохимических превращений, режимы энерготехнологической переработки и др.

Ключевые слова: уголь; Тува; история науки; тувиноведение



Для цитирования:

Тас-оол Л. Х., Куликова М. П. История развития углехимических исследований в Туве // Новые исследования Тувы. 2025, № 1. С. 91–101. DOI: <https://doi.org/10.25178/nit.2025.1.7>



Тас-оол Любовь Хертековна — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая химико-технологической лабораторией Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения РАН. Адрес: 667007, Россия, г. Кызыл, ул. Интернациональная, д. 117А. Эл. адрес: tasool51@mail.ru

Куликова Марина Петровна — кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник химико-технологической лаборатории Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения РАН. Адрес: 667007, Россия, г. Кызыл, ул. Интернациональная, д. 117А. Эл. адрес: mpkulikova@mail.ru



TAS-OOL, Lyubov Khertekovna, Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, Head, Chemical-technological Laboratory, Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Natural Resources, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. Postal address: 117A Internatsionalnaya St., Kyzyl, 667007, Russia. E-mail: tasool51@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5367-133X

KULIKOVA, Marina Petrovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Chemical-technological Laboratory, Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Natural Resources, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. Postal address: 117A Internatsionalnaya St., Kyzyl, 667007, Russia. E-mail: mpkulikova@mail.ru

ORCID: 0000-0003-2963-814X



Article

History of development of coal chemical research in Tuva

Lyubov H. Tas-ool, Marina P. Kulikova

*Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Natural Resources,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Russian Federation*

The article presents previously unexplored aspects of the history of geological and geochemical studies of Tuvan coals (Republic of Tuva, Russia) from 1982 to the present, conducted by scientific organizations and universities in Tuva.

Between 1982 and 1985, scientists and faculty members of the Kyzyl State Pedagogical Institute, commissioned by the Institute of Chemistry and Chemical Technology of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, studied the mineral composition of coal, the processes of coal pyrolysis in a CO₂ flow, supercritical dissolution in an autoclave, and other related phenomena.

Subsequent research on advanced coal processing was carried out by specialists from the Tuvan Complex Department (TCD) of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences (1986–1995) and the Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources (TuvIKOPR) of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (since 1996 to the present). These studies have helped address fundamental problems related to the beneficiation of coals from the Ulug-Khem Basin, the patterns of their thermochemical transformations, energy-technology processing modes, and other issues.

Keywords: coal; Tuva; history of science; Tuvan studies



For citation:

Tas-ool L. H. and Kulikova M. P. History of development of coal chemical research in Tuva. *New Research of Tuva*, 2025, no. 1, pp. 91-101. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25178/nit.2025.1.7>

Введение

История геологических изысканий российских месторождений угля, в т. ч. история исследований углей Улуг-Хемского бассейна (УХБ) на территории Республики Тыва (Тува) в России, важна для понимания вклада разных исследователей, разных идей и подходов в углехимические исследования.

На сегодняшний день, несмотря на наличие сотни опубликованных и фондовых работ по тувинским углям, история самих исследований освещена лишь в одной монографии (Лебедев, 2007), одном разделе в коллективной монографии (Быкадоров и др., 2002), и одной статье (Котельников, Куликова, Прудников, 2020).

В этих работах изложена хронология поиска и разведки угольных месторождений, история исследований вещественного состава и углехимических свойств углей УХБ в XIX–XXI вв. В их числе:

— сведения об углях в Туве в сохранившихся записях российских путешественников, натуралистов, географов, геологов (Г. Н. Потанин, А. В. Адрианов, Д. А. Клеменц, П. Н. Крылов) в 1883–1920 гг. (см.: Быкадоров и др., 2002: 274);

— деятельность Министерства торговли и промышленности Танну-Тувинской Народной Республики по организации поисковых работ на уголь в целях обеспечения нужд г. Кызыла в 1921–1925 гг.



с открытием Чихачевского и Эрбекского месторождений на основе опроса населения (см.: Лебедев, 2007: 16);

– маршрутные и поисковые геологические работы ресурсов угля в Туве, организованные в разное время Минералогическим обществом (1903 г.), Геологическим комитетом (1917, 1920 г.), финским правительством (1917 г.), Академией наук СССР (1923–1927 гг.) (Быкадоров и др., 2002: 274; Лебедев, 2007: 14–17);

– планомерные геологоразведочные работы на уголь, организованные Министерством геологии, Академией наук СССР в 1944–1956, 1981–1992 гг. (Быкадоров и др., 2002: 275–276; Лебедев, 2007: 17–20);

– этапы развития технологических исследований по переработке тувинских углей (Котельников, Куликова, Прудников, 2020).

Основные черты геологического строения угольных месторождений Тувы, общие типы и признаки их регионального метаморфизма определены по результатам геологоразведочных изысканий, которые проводились с 1946 по 1990 гг.

В данной статье анализируются не освещенные аспекты истории исследований тувинских углей. В том числе: показан значимый вклад ученых-геологов Всероссийского научно-исследовательского геологоразведочного института (ВНИГРИУголь) в выяснение природы формирования уникальных свойств углей УХБ, сильно отличающихся от свойств углей иных месторождений (1985–1992 гг.); описана история появления и развития исследований тувинских углей в Кызылском государственном педагогическом институте (КГПИ) на лабораторной базе кафедры химии (1981–1985 гг.); проанализирован вклад сотрудников Химико-технологической лаборатории ТувИКОПР СО РАН в развитие исследований углубленной переработки тувинских углей за последние четыре года (с 2020 г.).

Хронологические рамки исследования: с 1982 г. — по н. вр.

Источниковая база исследования: публикации в научных журналах, материалах конференций и монографиях; тексты диссертаций; электронный каталог Тувинского филиала Территориального фонда геологической информации по Сибирскому федеральному округу (ТФГИ), а также личные воспоминания авторов.

Геологоразведочные исследования тувинских углей

Геологический очерк о сохранившихся записях путешествий российских географов и натуралистов (Г. Н. Потанин в 1883 г.; А. В. Адрианов в 1888 г.; Д. А. Клеменц в 1887 г.; П. Н. Крылов в 1902 г.), о хронологии изысканий по стратиграфии, литологии и тектоническому строению месторождений УХБ и др. угольных месторождений Республики Тыва, а также сведения о развитии углехимических¹ исследований в период геологоразведочных работ, опубликован коллективом сотрудников ВНИГРИУгля под руководством В. С. Быкадорова (Быкадоров и др., 2002: 274–276).

После вхождения Тувинской Народной Республики в состав СССР в 1944 г. и до 1956 г. на всей её территории разворачивается планомерный поиск и разведка угольных ресурсов с участием Министерства геологии СССР, Академии наук СССР, Украинского углехимического института (УХИН), Восточного научно-исследовательского углехимического института (ВУХИН) и других организаций. В 1946 г. к работе приступила Улуг-Хемская партия Красноярского геологического управления под руководством А. Л. Лосева. В рассматриваемый период установлены основные черты геологического строения и угленосности УХБ, определены петрографические типы, марочный состав, степень метаморфизма, качество и технологические свойства углей, проведена детальная разведка участков Каа-Хемского, Межегейского, Эрбекского и Элегестского месторождений с подсчетом их запасов по категориям А, В, С1. Результаты исследований этого этапа обобщены в геологических отчетах Территориального фонда геологической информации (ТФГИ) А. Л. Лосева, Г. Н. Трошковой, Н. А. Афанасьевой, И. Н. Николаева, В. А. Вехова, Д. М. Лисина, В. С. Быкадорова, Л. Г. Гончаровой и многих других геологов (Лебедев, 2007; Котельников, Куликова, Прудников, 2020).

¹ Понятие углехимии охватывает несколько взаимосвязанных значений, это — раздел химии, изучающий происхождение, состав, свойства твёрдых горючих ископаемых: сланцев, торфа, углей, а также химизм превращений при их переработке в полезные продукты и сырьевые материалы... См.: Углехимия [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Углехимия> (дата обращения 17.10.2024).



В период 1958–1980 гг. работы по изучению угленосности бассейна практически не велись, за исключением поисковых работ на Чихачевском месторождении и доразведки участков Каа-Хемского месторождения под открытую разработку, которая началась в 1970 г. Но проводился системный анализ ранее полученных результатов геологических изысканий, оценивались перспективы тувинских углей для коксохимической промышленности страны. Над научным обобщением геолого-геофизических материалов работали коллективы специалистов ВНИГРИугля, АО «Красноярская горно-геологическая компания» («Красноярскгеология»), Всероссийского научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ), Свердловского горного института. Лабораторно-технологические и полупромышленные испытания углей проводились в Восточном научно-исследовательском углехимическом институте (ВУХИН, г. Екатеринбург), Кузнецком научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте углеобогашения (КузНИИУглеобогашение). Значимый вклад в поисково-разведочные работы с подсчетом запасов углей УХБ, исследовательские работы на угленосность бассейна и обогатимость углей внесли В. П. Алексеев, В. В. Блинников, О. Ф. Володарский, В. И. Вялов, В. А. Габеев, Н. Е. Дубовик, В. Н. Криканов, В. А. Круглов, В. В. Михайлов, А. А. Семеряков, Р. Т. Уссар, И. Я. Фактулин, В. В. Фромм, В. И. Шибанов, И. Ю. Яковлев и др. (Лебедев, 2007: 18–20; Быкадоров и др., 2002: 275).

Углехимические исследования УХБ, возобновленные в 1981 г. во многом силами Тувинской геологоразведочной экспедиции (Р. Т. Уссар, В. И. Шибанов, Н. Е. Дубовик и др.), были выполнены в соответствии с Программой геологоразведочных работ по изучению Улуг-Хемского бассейна на период 1984–1990 гг. (утв. протоколом Министерства геологии СССР в марте 1984 г. по поручению Совета Министров СССР от 23.01.1984 г.) для выяснения пригодности углей в коксохимической промышленности страны. Пункт 4.3.3. протокола совещания гласит: «Выполнить научно-исследовательские работы в части изучения закономерности угленакопления, изменения мощности угольных пластов, петрографического состава, качества и коксуемости углей, газоносности и горно-геологических условий эксплуатации»¹. К исполнению программы, помимо Тувинской геолого-разведочной экспедиции (Тувинская ГРЭ), были привлечены также коллективы ВНИГРИуголь и ВУХИН. Программа была завершена в 1992 г.

В тот период коллектив ученых под руководством д. г.-м. н. В. И. Вялова (ответственный исполнитель программы во ВНИГРИуголь) в ходе детального анализа данных углепетрографических, углехимических исследований показал, что уникальность углей УХБ связана с особенностями их вещественно-петрографического состава, обусловившими высочайшие спекающие свойства (Вялов, Корнилов, Черезов, 1991). На основе полученных результатов была установлена новая маркировка тувинских углей, уже не только как Г (газовые), но и как ГЖ, Ж (газово-жирные, жирные) по ГОСТ 25543-88. Были исправлены ранее допущенные серьезные ошибки в определении показателя отражения витринита и соответственно степени метаморфизма углей (марочный состав), и особенно — в оценке спекаемости (толщины пластического слоя «У»), возникавшие из-за окисления угольных проб перед анализом вследствие долгого хранения.

Невозможность оценки величины усадки (показатель «Х») угля и серьезное искажение значений «У» были связаны с высокой вспучиваемостью и текучестью угля при быстром нагреве, что приводило к ложному выводу об отсутствии спекающих свойств углей и, соответственно, неправильной оценке направлений их рационального использования. Ошибки были устранены после модернизации в ВУХИН (в 1988 г.) методики пластометрического анализа на аппарате Сапожникова, устраняющей затекание пластической массы. Оказалось, что угли основного пласта «Улуг» обладают имеют толщину пластического слоя «У» до 40–50 мм и более и представляют собой уникальную высококачественную спекающую основу для производства металлургического кокса.

Сложность и уникальность вещественно-петрографического состава и др. показателей углей УХБ определяет необходимость их дальнейших комплексных исследований; в настоящее время остаются невыясненными до конца многие научные проблемы, в их числе геохимия органического и неорганического веществ углей, оценка качества и уникальных свойств, направлений рационального использования углей, углеродных материалов и иных продуктов их переработки.

¹ Шибанов В. И. Отчет по теме «Обобщение результатов геологоразведочных работ по Улугхемскому угольному бассейну по состоянию на 01.01.93 г.» 1 кн., 1 п., 20 р. Кызыл. 1994, 227 л. // ТФГИ по РТ, № 2179.



Первые исследования углей учеными Тувы

К научным исследованиям углей впервые из числа национальных кадров республики приступили в 1982 г. трое преподавателей Кызылского государственного педагогического института (КГПИ):

— к. х. н. Л. Х. Тас-оол (окончила химический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова в 1973 г., аспирантуру — там же в 1977 г.¹),

— к. х. н. К. Д. Аракчаа (окончила химический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова в 1972 г., аспирантуру — Института геохимии и аналитической химии АН СССР в 1978 г.²),

— к. ф-м. н. М. А.-Х. Ондар³ (окончил КГПИ в 1969 г., аспирантуру — Института химической физики АН СССР в 1981 г.).

Первый заказ на исследование процессов пиролиза каахемских углей в форме хозяйственного договора поступил ректору КГПИ от директора Института химии и химической технологии (ИХиХТ) СО АН СССР (г. Красноярск) в 1982 г. По результатам отчета за 1982 г. исследования были пролонгированы на 1983, 1984 гг.⁴

Над выполнением этих научных договоров работали: Л. Х. Тас-оол (руководитель договора, зав. кафедрой химии), К. Д. Аракчаа (главный исполнитель, старший преподаватель кафедры химии), к. ф-м. н. М. А.-Х. Ондар (исполнитель, старший преподаватель кафедры физики). Исследования были выполнены на лабораторной базе кафедры химии КГПИ. Как вспоминает К. Д. Аракчаа:

«Это был очень интересный и продуктивный период в деятельности кафедры химии: эксперименты по пиролизу углей на установках, собранных собственными руками, хроматографический анализ газовых продуктов термического разложения образцов углей, химический анализ твердых продуктов пиролиза, ЭПР-спектроскопия, обсуждение полученных результатов, их сравнение с литературными сведениями, подготовка и публикация научных статей, отчеты, выступления на конференциях и т. д.»⁵.

С 1983 по 1985 г. К. Д. Аракчаа, как главный исполнитель научного проекта, представляла ежегодные отчеты по тематикам исследований (минеральный состав каахемского и чаданского углей; пиролиз угля в потоке CO₂ при 450–950°C; суперкритическое растворение угля в автоклаве при давлениях 9–13 МПа) В. С. Кажин-оолу, секретарю обкома КПСС Тувинской АССР по промышленности (в 1974–1985 гг.), первому заместителю Председателя Совета министров Тувинской АССР (в 1985–1987 гг.). Исполнители проекта выступали с докладами на 1-й республиканской научно-практической конференции «Охрана окружающей среды и человек» (1985 г., г. Кызыл) и всесоюзной конференции «Современные проблемы химической технологии» (1986 г., г. Красноярск). Основные результаты исследований опубликованы в материалах этих конференций (Аракчаа, Тас-оол, 1986; Тас-оол, Аракчаа, Ондар, 1985, 1986; Аракчаа и др., 1985; Соднам и др., 1986; и др.⁶).

Изучение качественного состава продуктов термического разложения угля (пиролиз, суперкритическое ожижение) методами газовой хроматографии, ЭПР-спектроскопии проводилось при участии студентов биолого-химического факультета КГПИ и учебно-вспомогательного персонала кафедры химии.

¹ Тас-оол Л. Х. Изучение физико-химических свойств катионных форм цеолитов методом ИК спектроскопии: автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 1979.

² Монгуш (Аракчаа) К. Д. Об особенностях цветных реакций алюминия и других элементов с 2, 7-бисазозамещенными хромотроповой кислоты в водноорганических уксуснокислых средах: автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 1980.

³ Ондар М. А.-Х. Электронный парамагнитный резонанс нитроксильных моно- и бирадикалов в двухмиллиметровом диапазоне длин волн: автореф. дисс. ... канд. физ.-матем. наук. М., 1983.

⁴ Тас-оол Л. Х. Исследование пиролиза каменных углей Каа-Хемского месторождения Тув. АССР // Отчет по хозяйственному договору с ИХиХТ СО АН СССР (рукописн.). г. Кызыл, КГПИ, 1983; Тас-оол Л. Х. Исследование процессов химической переработки каменных углей Тув. АССР // Отчет по хозяйственному договору с ИХиХТ СО АН СССР (рукописн.). г. Кызыл, КГПИ, 1984; Тас-оол Л. Х. Исследование процессов химической переработки каменных углей Тув. АССР // Отчет по хозяйственному договору с ИХиХТ СО АН СССР (рукописн.). г. Кызыл, КГПИ, 1985.

⁵ Ученые Тувы. Аракчаа Кара-кыс Донгаковна / авт.-сост. У. П. Бичелдей и др. Абакан: Кооператив «Журналист», 2015. С. 13.

⁶ Соднам Н. И., Тас-оол Л. Х., Аракчаа К. Д., Щипко М. Л., Кузнецов В. Н., Кузнецов П. Н. Пути комплексной переработки каменных углей // Новые направления в комплексной переработке природного органического сырья. Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Современные проблемы химической технологии». Красноярск: б. и., 1986. Т. 3. С. 77–79.



Рис. 1. Сотрудники лаборатории синтетического жидкого топлива КАТЭКНИИУголь со Светланой Ондар, студенткой 5 курса естественно-географического факультета КГПИ (первый ряд, справа), 1982 г. Из личного архива С. Д. Ондар.

Fig. 1. Staff of the laboratory of synthetic liquid fuel of KATEKNIUgol with Svetlana Ondar, 5th year student of the Natural Geography Department of KSPI (first row, right), 1982. From the personal archive of S. D. Ondar.

Выпускник «биохима» В. И. Котельников защитил диссертацию в 2010 г.¹, работал директором ТувКОПР СО РАН в 2015–2020 гг. В 1981 г. впервые в истории КГПИ была успешно реализована практика направления лучшего студента С. Д. Ондар (рис. 1) в крупный научный центр Минуглепрома СССР — КАТЭКНИИУголь (Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по проблемам развития Канско-Ачинского угольного бассейна, г. Красноярск) для выполнения на базе лаборатории синтетического жидкого топлива дипломной работы по свойствам угля, сложного неоднородного объекта горячей горной породы.

Позднее, для подготовки квалифицированных специалистов в области углехимических исследований трое молодых преподавателей кафедры химии были направлены в аспирантуру ведущих научных институтов: Н. И. Соднам² (Институт химии природного органического сырья Объединенного института химии и химической технологии СО АН СССР, Красноярск, 1987–1990), С. Д. Ондар (Институт горючих ископаемых, Москва, 1984–1987), Н. К.-К. Ховалыг³ (МГУ, Москва, 1988–1991).

Необходимость более углубленного изучения свойств тувинских углей и возможностей их промышленной переработки активно обсуждалась в 1986 г. на заседании Президиума СО Академии наук СССР по инициативе профессора, д. х. н. Б. Н. Кузнецова, заместителя директора по научной работе ИХиХТ СО АН СССР (в 1981–1989 г.) и Ч.-Д. Б. Ондара, председателя Совета министров Тувинской АССР (в 1977–1984 г.), председателя Президиума Верховного Совета Тувинской АССР 6-го созыва (в 1984–1990 г.). Сибирское отделение продемонстрировало решимость в расширении географии научных исследований — постановлением Президиума АН СССР от 11 июня 1986 г. № 858 был создан

¹ Котельников В. И. Разработка конструкции малогабаритного устройства непрерывного пиролиза твердого органического топлива в термически нагруженном слое: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Барнаул, 2010.

² Соднам Н. И. Физико-химические особенности термохимических превращений газовых углей Каа-Хемского месторождения: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск, 1990.

³ Ховалыг Н. К.-К. Спектроскопическое исследование процессов атомизации германия (пламя, печь, месакювета) и бора (плазма) с использованием термодинамических расчетов: автореф. дисс. ... канд. хим. наук. М., 1995.



Тувинский комплексный отдел (ТКО) СО АН СССР (на правах института) на базе двух действующих лабораторий — Тувинской экономической лаборатории (ТЭЛ) Института экономики и организации промышленного производства (ИЭиОПП) СО АН СССР, открытого в г. Кызыл в 1975 г. и Тувинской геологической лаборатории (ТГЛ) Института геологии и геофизики СО АН СССР, открытого в Кызыле в 1979 г.

На собрании ученых Тувы, созванном Обкомом КПСС в июне 1986 г. по случаю открытия ТКО СО АН СССР, академик А. С. Исаев, директор Института леса СО АН СССР, отметил, что в задачах вновь созданного Отдела предусматривается расширение поля исследований, к уже проводимым (изучение развития и размещения производительных сил республики, социально-экономические проблемы, геолого-экономическая оценка минерального сырья) добавится новое направление, ориентированное на изучение природных органических ресурсов, в их числе угольных месторождений республики. В круг интересов научных сотрудников войдут фундаментальные и прикладные исследования в области комплексного изучения и освоения природных ресурсов региона, разработки химических технологий и моделирования процессов глубокой комплексной переработки минерального сырья, региональной экономики и геоэкологии.

Директором ТКО СО АН СССР был назначен к. т. н. Н. А. Ажищев из ИХХТ СО АН СССР. О работе молодого директора вспоминает д. э. н. Г. И. Ханин, работавший в Туве в 1987–1989 гг.:

«Ажищеву в то время не было ещё 30 лет, пожалуй, самой замечательной его чертой была смелость — редчайшее качество среди научных работников СССР. Нужно было быть очень смелым человеком, чтобы решиться возглавить формирование нового научного центра в регионе, где научных сил было тогда совсем ничтожное количество (в основном геологи). К тому же ещё в регионе с тяжёлыми климатическими условиями, связанном с остальной территорией СССР только авиационными и автомобильным транспортом. Только поэтому эту непростую задачу доверили всего лишь неприлично молодому человеку для такой должности кандидату технических наук. И надо сказать, что он сделал максимум возможного для решения этой задачи. ... За свою теперь уже немалую жизнь я редко встречал столь интеллектуально ярких людей, как Ажищев»¹.

В связи с тем, что поле исследований ТКО значительно расширилось, штатный состав исследователей Отдела был усилен приглашением квалифицированных специалистов из КГПИ и др. городов. Заведующими новых лабораторий были назначены: лаборатории технологий углепереработки — к. т. н. Н. М. Коновалов из ИХиХТ СО АН СССР; лаборатории математического моделирования — д. х. н. Г. С. Яблонский из Института катализа СО АН СССР, г. Новосибирск, лаборатории адсорбционных процессов — к. т. н. А. К. Ставаш, лаборатории гетерогенного катализа — к. т. н. А. Ф. Константинов из Ленинградского технологического института им. Ленсовета; лаборатории физико-химических методов исследований (ФХМИ) — к. ф.-м. н. М. А.-Х. Ондар из КГПИ. Учёным секретарём ТКО была назначена к. х. н. К. Д. Аракчаа. Это был первый опыт объединения квалифицированных научных сил Сибири в комплексном многопрофильном научном учреждении республики для проведения академических исследований.

Научные учреждения Сибири оказывали активную помощь в укреплении аппаратной базы фундаментальных исследований. Так, Институт химической кинетики и горения СО АН СССР передал лаборатории ФХМИ спектрофотометр и термический анализатор, Институт органической химии СО АН СССР — спектрометр ЯМР (ядерный магнитный резонанс), Институт катализа СО АН СССР — спектрометр ЭПР-3 (электронный парамагнитный резонанс). Заведующим лаборатории технологии углепереработки Н. М. Коноваловым в 1988 г. была изготовлена экспериментальная установка высокотемпературной переработки углей, в 1990 г. разработан соответствующий лабораторный технологический регламент на процессы переработки угля в кипящем слое. Под его руководством молодые специалисты начали исследовать процессы пиролиза и газификации углей на данной экспериментальной установке.

Исследование углубленной переработки тувинских углей в ТувИКОПР СО РАН

Результаты первых углехимических работ, полученных коллективами КГПИ и ТКО, предопределили их дальнейшее развитие, ориентированное на энерготехнологическую переработку углей,

¹ Ханин Г. И. В Туве // Идеи и идеалы. 2013. № 2(16). С. 119.



поиск эффективных способов и режимов их обогащения (предварительная активация, механохимическое воздействие, химическая обработка и др.) на базе уже Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук (ТувИКОПР СО РАН). Постановлением Президиума РАН от 25.04.1995 г. № 96 ТКО был преобразован в ТувИКОПР.

В разные периоды заведующими химико-технологической лаборатории работали: к. х. н. М. П. Куликова (1994–1996), к. т. н. Т. Х. Самданчап (1997–1999), к. ф.-м. н. В. М. Логинов (2000–2001), к. т. н. Ю. Д. Каминский (2002–2014), к. т. н. В. И. Котельников (2014–2016), к. х. н. Л. Х. Тас-оол (с 2017 г. — по н. в.). Описание проведенных коллективом научных и прикладных исследований изложено в отдельной публикации (Котельников, Куликова, Прудников, 2020).

В ТувИКОПР СО РАН фундаментальные и прикладные исследования в области химико-технологических наук проводились в соответствии с основными заданиями Сибирского отделения РАН. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований были систематизированы современные тенденции развития угледобычи, предложена структурная схема энерго-технологического комплекса по переработке углей Тувы. Проведены расчёты технико-экономических показателей создания углехимического комплекса на базе Элегестского месторождения с постепенным переходом на глубокую переработку углей (Куликова, Балакина, 2019), предложена структура инновационных предприятий по производству малотоннажной продукции на основе углепереработки в регионе (Куликова, Балакина, 2023).

В настоящее время (2021–2025 гг.) коллектив химико-технологической лаборатории института под руководством Л. Х. Тас-оол работает над темой «Исследование ресурсосберегающих процессов углубленной переработки угленосных формаций и техногенных отходов» по федеральной целевой программе «Комплексная, технологически эффективная и экологически безопасная добыча, обогащение и глубокая переработка минерального сырья. Монографические и цифровые модели нефтегазоносных провинций и бассейнов территорий и акваторий Российской Федерации, включая Арктическую зону; разработка стратегии долговременного развития нефтегазовых и угольных комплексов Европейской части России, Сибири, Дальнего Востока, Арктической зоны России с учётом глобальных экономических, социальных и демографических тенденций».

Исследования направлены на получение новых знаний о закономерностях термохимических превращений угля, и его флотационного обогащения, для разработки инновационных технологий и оборудования глубокой переработки. Выявлено влияние сверхкритических термобарических условий на эффективность извлечения каменноугольного пека и высокомолекулярных продуктов из структуры угля (Солдуп, Патраков, 2021), условий обогащения каахемского угля на выход кондиционного кокса (Куликова, Тас-оол, 2024). Определены изменения структурно-текстурных показателей углей при их модифицировании в качественные углеродные сорбенты (Монгуш, Баранова, Сапелкина, 2022). По результатам исследования петрографического состава и геохимии органического вещества угля установлено, что накопление и преобразование межегейских углей происходило в восстановительной обстановке сильно обводненных застойных торфяных болот (Ондар, Бушнев, 2022). Обоснованы сдерживающие и способствующие факторы развития добычи угля и реализации проекта «Тувинский кокс» в Республике Тыва (Куликова, Балакина, 2023), оценены возможные сценарии и перспективы реализации проекта. Разработаны эффективные методы и режимы тепловлажностной и термической обработки вскрышных пород угледобычи для производства стеновых строительных материалов, пористых заполнителей легких бетонов (Кара-Сал, Саая, Солдуп, 2023). Показана перспективность тувинских углей и их золы в качестве потенциального источника для получения серебра и палладия (Ондар, Янчат, 2023).

За последние пять лет защитили диссертации на соискание ученых степеней трое сотрудников: С. А. Ондар¹, Г. Р. Монгуш² и М. О. Молдурушку³. Научные разработки учёных неоднократно были отмечены наградами и дипломами. Так, М. О. Молдурушку — победитель конкурса на получение Премии Главы РТ в области науки и технологии в 2023 г. (по теме «Исследование и разработка тех-

¹ Ондар С. А. Петрографический состав и геохимия органического вещества среднеюрских углей Улуг-Хемского бассейна: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2024.

² Монгуш Г. Р. Совершенствование энерготехнологической переработки спекающихся углей: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2023.

³ Молдурушку М. О. Разработка технологии извлечения мышьяка из отходов аммиачно-автоклавного передела кобальтсодержащих руд: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Томск, 2018.



нологических процессов переработки шламовых отходов кобальтового производства»); Ш. Н. Солдуп награжден Золотой медалью «Медаль выставки» на 19-й межрегиональной универсальной выставке-ярмарке «Тыва эскпо — 2018. Весна» в номинации «Инновационные научные разработки и технологии»; С. А. Ондар — обладатель грантов Председателя Правительства Республики Тыва для поддержки молодых ученых Республики Тыва по двум проектам: «Геохимия органического вещества каменных углей Улуг-Хемского бассейна в контексте ее взаимосвязи с технологическими свойствами углей (на примере Каа-Хемского месторождения)» (2017–2018), «Предварительная оценка содержания драгоценных металлов (Au, Pt) в углях Улуг-Хемского бассейна», 2020–2021 гг.; Г. Р. Монгуш награжден в 2019 г. грамотой Мэрии г. Кызыла как занявший 1 место в конкурсе «Лучший молодой ученый города Кызыла» по направлению «Технические науки».

Последние два года молодые сотрудники химико-технологической лаборатории принимали активное участие в международных форумах, выставках и конференциях: «Региональная экономика: технология, экономика, экология и инфраструктура» (г. Кызыл, Россия, 2023), «III Конгресс молодых ученых / Федеральный центр «Сириус» (г. Сочи, Россия, 2023); «Развитие производительных сил Кузбасса: история, современный опыт, стратегия будущего» (г. Кемерово, Россия, 2023); «40th Annual Meeting of the Society for Organic Petrology» (Улан-Батор, Монголия, 2024).

Сотрудники лаборатории активно взаимодействуют с учеными Тувинского государственного университета, Тувинского Научного Центра, Красноярского, Новосибирского, Кемеровского научных центров СО РАН (Институт химии и химической технологии, Институт химии твердого тела и механохимии, Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН), Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. Так, М. П. Куликова, Г. Р. Монгуш участвуют в подготовке профессиональных кадров, совмещают научную работу с преподавательской деятельностью в Тувинском государственном университете¹. Ряд исследований сотрудников химико-технологической лаборатории выполняется совместно с сотрудниками Сибирского Федерального университета (г. Красноярск), Института угля ФИЦ УУХ СО РАН (г. Кемерово), Института геологии (г. Сыктывкар). В 2024 г. установлено сотрудничество с учеными зарубежных научных центров: China University of Mining and Technology (Китай), National University of Mongolia (Монголия), Queensland University of Technology (Австралия). В планах — участие сотрудников лаборатории в международных исследовательских научных программах и проектах.

Заключение

В статье показана история становления и развития геохимических исследований тувинских углей, дополненная новыми сведениями: о вкладе работ геологов ВНИГРИуголь, выявивших природу формирования уникальных свойств углей УХБ; о работе преподавателей кафедры химии КГПИ (Л. Х. Тас-оол, К. Д. Аракчаа), кафедры физики КГПИ (М. А.-Х. Ондар), по изучению термических превращений тувинских углей в 1982–1985 гг., а также представлены новые данные о развитии исследований углубленной переработки тувинских углей в ТувИКОПР СО РАН с 2020 г. Выделены хронологические периоды исследований углей УХБ: геологоразведочные исследования (1883–1992); первые исследования углей учеными Тувы (1982–1996 гг.); исследования углубленной углехимической переработки углей в настоящее время.

Проводимые научным коллективом исследования, несомненно, имеют фундаментальную и прикладную значимость, т. к. уголь относится к стратегическому минеральному сырью, обеспечивающему экономическую и оборонную стабильность страны. На основе научных разработок сотрудников химико-технологической лаборатории обосновано создание углехимического комплекса в Республике Тыва с постепенным переходом на глубокую переработку угля с получением моторных топлив, химических веществ и других ценных продуктов, а также экологически чистой тепловой и электрической энергии. Исследования соответствуют приоритетам стратегии научно-технического развития РФ в части п. 20 б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии. Несмотря на имеющиеся пер-

¹ Куликова М. П. Химическая технология: учебное пособие для бакалавров направления подготовки «Химия». Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2012; Она же. Дистанционный курс «Химическая технология. Ч.1»: для обучения по направлению подготовки 44.03.05, профили «биология», «химия». Кызыл, ЦДО ТувГУ, 2019.



спективные разработки по глубокой переработке и эффективному энерготехнологическому использованию тувинских углей в настоящее время уголь Тувы продолжает реализовываться в основном как энергетическое топливо для нужд региона, и лишь некоторая часть направляется за его пределы на металлургические предприятия.

Задача коллектива на будущее — наращивать и расширять научно-исследовательскую деятельность, особенно в области внедрения инновационных разработок в угольную индустрию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аракчаа, К. Д., Тас-оол, Л. Х. (1986) Состав зол и шлаков Тувинских углей и возможности их утилизации // Взаимодействие человека с природой и вопросы охраны окружающей среды. Материалы I республиканской научн.-практ. конф. / отв. ред. Ю. А. Хворов. Кызыл: Кызылский госпединститут. 62 с. С. 36–40.

Аракчаа, К. Д., Тас-оол, Л. Х., Новикова, Л. Н., Шульгин, О. К. (1985) Экологические вопросы энергетического использования углей Тувы // Охрана окружающей среды и человек. Тезисы докл. 1-й респ. научн.-практ. конф. (15–17 октября 1985) / отв. ред. Р. Ф. Петрова. Кызыл : Кызылский госпединститут. 28 с. С. 14–16.

Быкадоров, В. С., Вялов, В. И., Подкаменный, А. А., Шибанов, В. И. (2002) Улугхемский бассейн и другие угольные месторождения Республики Тыва // Угольная база России. Т. III. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири. / гл. ред. В. Ф. Череповский. М. : ООО «Геоинформцентр». 488 с. С. 270–364.

Вялов, В. И., Корнилов, Ю. Н., Черезов, М. Ю. (1991) Петрографический состав и метаморфизм углей Улугхемского бассейна // Советская геология. № 5. С. 3–7.

Кара-Сал, Б. К., Саая, Б. О., Солдуп, Ш. Н. (2023) Аргиллитовые вскрышные породы угледобычи — техногенный ресурс для производства гранулированного теплоизоляционного материала // Уголь. № 11. С. 108–112.

Котельников, В. И., Куликова, М. П., Прудников, С. Г. (2020) История и этапы исследований каменных углей и их переработки в Туве // Новые исследования Тувы. № 2. С. 225–239. DOI: <https://doi.org/10.25178/nit.2020.2.16>

Куликова, М. П., Балакина, Г. Ф. (2019) Перспективы развития углеперерабатывающих производств в Республике Тыва // Уголь. № 11. С. 15–18.

Куликова, М. П., Балакина, Г. Ф. (2023) Проект «Тувинский кокс»: проблемы и перспективы развития угледобычи в Республике Тыва // Горная промышленность. № 4. С. 61–64.

Куликова, М. П., Тас-оол, Л. Х. (2024) Интенсификация флотационного обогащения углей Каа-Хемского месторождения // Кокс и химия. № 9. С. 35–38.

Лебедев, Н. И. (2007) Угли Тувы: состояние и перспективы освоения сырьевой базы. Кызыл : ТуВИКОПР СО РАН. 180 с.

Монгуш, Г. Р., Баранова, М. П., Сапелкина, Т. В. (2022) Физико-химические основы технологии получения сорбентов из каменных углей активацией гидроксидом калия // Химия в интересах устойчивого развития. Т. 30. № 5. С. 534–542.

Ондар, С. А., Янчат, Н. Н. (2023) Серебро и палладий в углях Каа-Хемского месторождения (предварительная оценка) // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Материалы 4-й Международ. научн.-практ. конф., Кызыл (9–10.10.2023) / отв. ред. Ш. Ч. Соян. Кызыл : ТуВИКОПР СО РАН. 340 с. С. 197–200.

Ондар, С. А., Бушнев, Д. А. (2022) Органическое вещество и геохимия углей среднеюрского возраста Межегейского месторождения (Улуг-Хемский бассейн, Тыва) // Известия ТПУ. Инжиниринг Георесурсов. Т. 333. № 11. С. 71–80.

Солдуп, Ш. Н., Патраков, Ю. Ф. (2021) Термическое растворение каменного угля Каа-Хемского месторождения Тувы в среде сверхкритического бензола // Кокс и химия. № 1. С. 8–12.

Тас-оол, Л. Х., Аракчаа, К. Д., Ондар, М. А. (1985) Проблемы химического и энергетического использования каменных углей Тув. АССР // Охрана окружающей среды и человек: Тезисы докл. 1-й респ. научн.-практ. конф. (15–17 октября 1985) / отв. ред. Р. Ф. Петрова. Кызыл : Кызылский госпединститут. 28 с. С. 12–13.

Тас-оол, Л. Х., Аракчаа, К. Д., Ондар, М. А. (1986) Исследование процессов химической переработки каменных углей Тув. АССР // Взаимодействие человека с природой и вопросы охраны окружающей среды. Материалы



I республиканской научн.-практ. конф., проходившей 15–17 октября 1985 г. / отв. ред. Ю. А. Хворов. Кызыл : Кызылский госпединститут. 62 с. С. 33–36.

Дата поступления: 09.10.2024 г.

Дата принятия: 12.11.2024 г.

REFERENCES

- Arakchaa, K. D. and Tas-ool, L. Kh. (1986) Composition of ashes and slags of Tuva coals and possibilities of their utilization. In: *Interaction of man with nature and environmental protection issues*. Proceedings of the 1st Republican Scientific and Practical Conference, ed. by Yu. A. Khvorov. Kyzyl, Kyzyl State Pedagogical Institute. 62 p. Pp. 36–40. (In Russ.)
- Arakchaa, K. D., Tas-ool, L. Kh., Novikova, L. N. and Shulgin, O. K. (1985) Environmental issues of energy utilization of Tuva coals. In: *Environmental protection and man*. Abstracts of the 1st Republican Scientific and Practical Conference (October 15–17, 1985), ed. by R. F. Petrova. Kyzyl, Kyzyl State Pedagogical Institute. 28 p. Pp. 14–16. (In Russ.)
- Bykadorov, V. S., Vyalov, V. I., Podkamenny, A. A. and Shibanov, V. I. (2002) Ulug-Khem Basin and other coal deposits of the Republic of Tuva. In: *Coal base of Russia. Vol. III. Coal basins and deposits of Eastern Siberia*, ed. by V. F. Cherepovsky. Moscow, Geoinformcenter LLC. 488 p. Pp. 270–364. (In Russ.)
- Vyalov, V. I., Kornilov, Yu. N. and Cherezov, M. Yu. (1991) Petrographic composition and metamorphism of coals in the Ulug-Khem Basin. *Sovetskaya Geologiya*, no. 5, pp. 3–7. (In Russ.)
- Kara-Sal, B. K., Saaya, B. O. and Soldup, Sh. N. (2023) Argillite overburden rocks of coal mining — a technogenic resource for the production of granular thermal insulation material. *Ugol*, no. 11, pp. 108–112. (In Russ.)
- Kotelnikov, V. I., Kulikova, M. P. and Prudnikov, S. G. (2020) History and stages of coal research and processing in Tuva. *New Research of Tuva*, no. 2, pp. 225–239. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.25178/nit.2020.2.16>
- Kulikova, M. P. and Balakina, G. F. (2019) Prospects for the development of coal processing enterprises in the Republic of Tuva. *Ugol*, no. 11, pp. 15–18. (In Russ.)
- Kulikova, M. P. and Balakina, G. F. (2023) Project “Tuvian Coke”: problems and prospects for the development of coal mining in the Republic of Tuva. *Gornaya Promyshlennost*, no. 4, pp. 61–64. (In Russ.)
- Kulikova, M. P. and Tas-ool, L. Kh. (2024) Intensification of flotation coal beneficiation of the Kaa-Khem deposit. *Koks i Khimiya*, no. 9, pp. 35–38. (In Russ.)
- Lebedev, N. I. (2007) *Coals of Tuva: state and prospects for the development of the raw material base*. Kyzyl, TuvIKOPR SB RAS. 180 p. (In Russ.)
- Mongush, G. R., Baranova, M. P. and Sapelkina, T. V. (2022) Physico-chemical fundamentals of the technology for producing sorbents from bituminous coals by activation with potassium hydroxide. *Khimiya v Interesakh Ustoichivogo Razvitiya*, vol. 30, no. 5, pp. 534–542. (In Russ.)
- Ondar, S. A. and Yanchat, N. N. (2023) Silver and palladium in coals of the Kaa-Khem deposit (preliminary assessment). In: *Regional Economy: Technologies, Economics, Ecology and Infrastructure*. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference, Kyzyl (October 9–10, 2023), ed. by Sh. Ch. Soyán. Kyzyl, TuvIKOPR SB RAS. 340 p. Pp. 197–200. (In Russ.)
- Ondar, S. A. and Bushnev, D. A. (2022) Organic matter and geochemistry of Middle Jurassic coals of the Mezhegy deposit (Ulug-Khem Basin, Tuva). *Izvestiya TPU. Engineering of Georesources*, vol. 333, no. 11, pp. 71–80. (In Russ.)
- Soldup, Sh. N. and Patrakov, Yu. F. (2021) Thermal dissolution of bituminous coal from the Kaa-Khem deposit of Tuva in a supercritical benzene medium. *Koks i Khimiya*, no. 1, pp. 8–12. (In Russ.)
- Tas-ool, L. Kh., Arakchaa, K. D. and Ondar, M. A. (1985) Problems of chemical and energy utilization of bituminous coals of the Tuva ASSR. In: *Environmental protection and man*. Abstracts of the 1st Republican Scientific and Practical Conference (October 15–17, 1985), ed. by R. F. Petrova. Kyzyl, Kyzyl State Pedagogical Institute. 28 p. Pp. 12–13. (In Russ.)
- Tas-ool, L. Kh., Arakchaa, K. D. and Ondar, M. A. (1986) Study of chemical processing of bituminous coals of the Tuva ASSR. In: *Interaction of man with nature and environmental protection issues*. Proceedings of the 1st Republican Scientific and Practical Conference (October 15–17, 1985), ed. by Yu. A. Khvorov. Kyzyl, Kyzyl State Pedagogical Institute. 62 p. Pp. 33–36. (In Russ.)

Submission date: 09.10.2024.

Acceptance date: 12.11.2024.