

С Е К Ц И Я 3
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ
ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ.
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
В ТОМСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Ворошилов В.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Изучение месторождений полезных ископаемых, начиная с момента организации В.А. Обручевым в 1901 году Горного отделения, было ведущим научным направлением в Томском технологическом институте (ныне ТПУ). С 1904 года здесь начал читаться профессором Л.Л. Тове эксклюзивный курс по поискам и разведке золоторудных месторождений – «Золотое дело», а в 1924 году впервые в стране известным инженером И.С. Васильевым был прочитан курс лекций «Разведочное дело», в котором излагались новые подходы к поискам и разведке промышленных типов месторождений. «Курс разведочного дела» И.С. Васильева был издан в Ленинграде в 1929 году и стал первым в стране учебным руководством в прикладной геологии.

Созданная в 1930 году специализированная кафедра разведочного дела внесла огромный вклад в подготовку более 3000 горных инженеров, среди которых 3 Героя социалистического труда, 15 академиков и членов-корреспондентов Академии наук, 23 Лауреата Ленинской и Государственной премий, десятки крупных руководителей геологической отрасли и академической науки, более 100 докторов наук, более 100 первооткрывателей месторождений. Их учителями в разное время были М.А. Усов, Ф.Н. Шахов, И.А. Молчанов, А.М. Кузьмин и другие ведущие профессора. Созданная ими и развиваемая их последователями научная школа по исследованию месторождений полезных ископаемых в настоящее время представлено следующими направлениями.

Геология и геохимия месторождений благородных и редких металлов (научный руководитель профессор А.Ф. Коробейников, д.г.-м.н., профессор, Заслуженный геолог РФ, Заслуженный деятель науки РФ, Почетный разведчик недр Республики Казахстан, Заслуженный профессор ТПУ, лауреат премии РАН им. акад. В.И. Смирнова, Лауреат премии Томской области в сфере образования, науки, здравоохранения, культуры).

Главные результаты работы:

впервые в мире установлено явление мобилизации золота мантийными флюидами из глубинных пород мантии до 50 % от его содержания в исходных породах;

определены закономерности концентрации благородных и редких металлов в магматических, метасоматических, рудных образованиях земной коры;

разработаны новые критерии прогнозирования золотых и комплексных благородно-редкометалльных месторождений, в том числе крупных и сверхкрупных, на основе исследования мантийно-коровых рудообразующих систем (многие аспекты таких исследований выполнены впервые в мире).

Металлогения золота (научный руководитель профессор И.В. Кучеренко, д.г.-м.н., профессор, Заслуженный геолог РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, действительный член Академии естествознания России).

Главные результаты работы:

усовершенствована методология формационных исследований в рудной геологии;

разработан и используется в практике принципиально новый прогнозно-поисковый комплекс для мезотермальных золотых месторождений в составе геодинамического, магматического, петрохимического, изотопно-геохимического критериев.

Металлогения складчатых поясов (научный руководитель профессор А.К. Мазуров, д.г.-м.н., профессор, Заслуженный геолог РФ, Почетный разведчик недр республики Казахстан, Академик РАЕН).

Главные результаты работы:

впервые разработана классификация месторождений полезных ископаемых Казахстана на новой геодинамической основе;

установлено разнообразие металлогенических комплексов транзиталей Казахстана (островодужных структур и окраинно-континентальных вулcano-плутонических поясов);

выявлено различие металлоносности одинаковых геодинамических зон в зависимости от типа коры;

разработаны научные основы прогноза минеральных ресурсов на новой геодинамической концепции.

Геохимические методы прогнозирования и поисков рудных месторождений (научный руководитель профессор В.Г. Ворошилов, д.г.-м.н., профессор, Почетный разведчик недр РФ, Почетный работник Высшего профессионального образования РФ, Лауреат премии Томской области в сфере образования, науки, здравоохранения, культуры).

Главные результаты работы:

СЕКЦИЯ 3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ

– разработана концепция формирования аномальных геохимических полей гидротермальных месторождений; установлена причинно-следственная связь между стрессом геохимических полей и масштабностью оруденения;

– разработана методика геометризации и количественной оценки аномальных геохимических полей гидротермальных месторождений золота, опирающаяся на комплекс многомерных математических процедур;

– разработана классификационная схема для типизации аномальных структур геохимических полей применительно к гидротермальным месторождениям золота; установлены общие черты и специфические особенности месторождений различных геолого-промышленных типов;

– разработан комплекс критериев для прогнозной оценки территорий на золото по геохимическим данным.

Структурно-вещественное дешифрирование спектрозональных космических материалов (научный руководитель Ю.С. Ананьев, д.г.-м.н., доцент)

Главные результаты работы:

разработана методика обработки и дешифрирования современных спектрозональных снимков;

определены структурно-вещественные критерии рудных полей и месторождений различных формационных типов;

разрабатывается методика комплексирования дистанционных и литогеохимических исследований при прогнозно-поисковых работах.

Комплексная оценка каменноугольно-пермских отложений и разработка промышленно-энергетической классификации ископаемых углей (научный руководитель В.П. Иванов, д.г.-м.н., доцент)

Главные результаты работы:

разработаны на основе инфракрасной спектроскопии показатели Пг (гелификации), Пв (восстановленности) и Пм (метаморфизации), отражающие особенности образования каменных углей на стадии седиментогенеза и литогенеза: степень гелификации, восстановленности и метаморфизации органического вещества в каменноугольно-пермский период угленакопления;

в углях Кузнецкого бассейна установлено два вида восстановленности: флористическая, отражающая смену палеоклиматических условий, палеоландшафтных обстановок, тип болот и состав растений-углеобразователей в разные геологические периоды угленакопления, и литофациальная, отражающая геодинамические условия образования фаций углеобразования в отдельном цикле осадочного комплекса;

выявлена общая зависимость изменения степени гелификации и восстановленности в угленосных формациях от геологических факторов в поясах угленакопления каменноугольного и пермского возрастов;

предложен новый подход разграничения коксующихся углей и выделения в них коксообразующих углей, как ценных для производства доменного кокса на основе показателей ККС (коксующаяся способность ископаемого угля) и КПТК (прочность тела коксового остатка);

предложена новая методология унификации ископаемых углей и типизации угольных запасов/ресурсов на основе оценки их промышленно-генетической ценности.

Геология и металлогения осадочных бассейнов (научный руководитель М.А. Рудмин, к.г.-м.н., доцент)

Главные результаты работы:

выдвинута новая флюидо-динамическая (экспазионная) гипотеза генезиса морских железняков на примере Бакчарского месторождения (Западная Сибирь), отражающая глубинный источник основных металлов;

описана связь между периодами образования осадочных железняков Западной Сибири с глобальными палеоклиматическими и геологическими событиями верхнего мела и палеогена;

выявлены минералого-геохимические доказательства мобилизации метана через морские отложения древнего эпиконтинентального Западно-Сибирского моря на рубеже палеоцена и эоцена (55.6 млн. лет назад) в течении максимума кайнозойского климатического максимума;

установлено влияние кислородных условий на формирование и химический состав глауконита в мел-палеогеновых отложениях юго-восточной части Западной Сибири.

охарактеризованы минеральные формы редкоземельных элементов в ооидовых железных рудах и дана оценка их ресурсного потенциала;

описаны специфические процессы минералообразования, выраженные в карбонатизации и сульфидизации, в современной торфяной залежи Васюганского болота (Западная Сибирь); охарактеризованы условия формирования глинистых минералов в донной части торфяной залежи Васюганского болота;

разработана схема получения калийных солей из глауконита с использованием методов обжига и химического выщелачивания;

выявлено положительное влияние глауконитовых пород Бакчарского месторождения и продуктов их физического обогащения (глауконитовые концентраты) на рост сельскохозяйственных культур (овес обыкновенный, *Avena Sativa*). На основе полевых опытов доказан пролонгированный стимулирующий эффект на рост и развитие растений при добавлении в почвы глауконитовой породы.

Основная масса исследований выполняется в Лаборатории геологии золота, оснащенной современным научным оборудованием, позволяющим исследовать вещественный состав руд и физико-химические условия их образования: сканирующим электронным микроскопом TESCAN VEGA 3 SBU с энергодисперсионным спектрометром OXFORD X-Max 50; конфокальным микроскопом комбинационного рассеяния DXR Smart Raman Microscope, энергодисперсионным рентгенофлуоресцентным микроскопом HORIBA XGT-7200; комплексом атомно-абсорбционных спектрометров фирмы Varian; ИК-спектрометром IRPrestige-21; компьютерным комплексом для исследования газовой-жидкой включений в минералах на основе микротермокамеры MDSG600 фирмы «Lincam» и микроскопа «Axio Imager».

Изучение молекулярных свойств углей проводится в специализированной лаборатории, оснащенной автоматизированной установкой для исследования молекулярной структуры углей на базе ИК-спектроскопии.

Проводимые исследования поддержаны грантами различного уровня.

Прогнозирование, поиски и оценка комплексных месторождений благородных и редких металлов. Грант Президента РФ «Развитие системы ведущих научных школ как среда генерации знаний и поддержки научно-педагогических кадров высшей квалификации»; научный руководитель А.Ф. Коробейников).

Изучение закономерностей формирования, размещения и прогнозирования комплексных нетрадиционных месторождений золота, платиновых и редких металлов. Грант Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ; научный руководитель А.Ф. Коробейников).

Структурно-минералогические изменения и технология активации монтмориллонита для создания современных удобрений контролируемого действия. Грант Президента РФ (научный руководитель М.А. Рудмин).

Создание моделей формирования и методов прогноза крупных и уникальных месторождений драгоценных металлов в Сибирском регионе. Грант Министерства образования и науки РФ (научный руководитель А.Ф. Коробейников).

Закономерности формирования комплексных месторождений золота и платиновых металлов в зонах рифтогенеза. Грант РФФИ (научный руководитель А.Ф. Коробейников).

Исследование закономерностей формирования геохимических полей гидротермальных золоторудных месторождений. Целевая программа Министерства образования и науки «Развитие научного потенциала высшей школы» (научный руководитель В.Г. Ворошилов).

Геология и геохимия благородных и редких металлов: мантийно-коровые источники. Целевая программа Министерства образования и науки «Развитие научного потенциала высшей школы» (научный руководитель А.Ф. Коробейников).

Прогнозирование и оценка золотоносности черносланцевого и кристаллического субстрата мезотермальных золоторудных полей на основе петролого-геохимических исследований. ФЦП Министерства образования и науки «Кадры» (научный руководитель А.К. Мазуров).

Изучение закономерностей распределения благородных и редких металлов в железных рудах Бакчарского месторождения. Грант РФФИ (научный руководитель А.Я. Пшеничкин).

Биогеохимические циклы, источники металлов и эволюция вещества в мел-палеогеновых морских железорудных месторождениях. Грант РНФ (научный руководитель А.К. Мазуров).

Генезис континентально-осадочных железняков: связь биогеохимического цикла железа с региональными и глобальными геологическими процессами. Грант РНФ (научный руководитель М.А. Рудмин).

Исследование глинистых минералов как экологически чистых удобрений пролонгированного действия. Грант РФФИ. Совместный проект с Департаментом науки и технологии правительства Индии (руководитель научной группы М.А. Рудмин).

Процессы образования железистых сфероидов Бакчарского месторождения. Грант РФФИ (научный руководитель М.А. Рудмин).

Изучение ферромагнитных сульфидов в осадочных отложениях древнего Западно-Сибирского моря. Грант РФФИ (научный руководитель М.А. Рудмин).

Глауконитовые породы – источник экологически чистого минерального удобрения в Западной Сибири. Грант РНФ (научный руководитель М.А. Рудмин).

Исследование глауконита как попутного компонента при освоении железных руд Бакчарского месторождения (Томская область). Грант РФФИ (научный руководитель М.А. Рудмин).

Исследование глауконита как попутного компонента при освоении железных руд Бакчарского месторождения (Томская область). Грант РФФИ (научный руководитель А.К. Мазуров).

В рамках научных направлений выполняются прикладные исследования по заказам с производственными и научно-исследовательскими организациями: ОАО «Полиметалл», ПАО «Полус», ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», ТОО «Центргеолсьемка» (Республика Казахстан), Институтом угля СО РАН, ООО «Недра Кузбасса», ООО «Богуславец», ООО «Тетис-Т» и другими.

По результатам исследований в последние 5 лет опубликовано более 50 статей в ведущих научных журналах России и мира, включая Science, Nature Communications, Marine and Petroleum Geology, Geochemistry, Geophysics, Geosystems, Ore Geology Review и пр. Научные разработки поддержаны Дипломами: Международных выставок «Гео-Сибирь-2006», «Интерэкспо Гео-Сибирь 2013», Всероссийской выставки-форума MINexpo «Минеральные ресурсы и горное дело» (Москва, 2006 г.), Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Современные исследования в геологии» (Санкт-Петербург, 2018 г.), Четвертом Российском Совещании по глинам и глинистым минералам – Глины-2019 (Москва, 2019 г.), Молодежной научной школе-конференции «Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии» (Санкт-Петербург, 2020 г.).

Литература

1. Ананьев Ю.С., Житков И.Г., Поцелуев А.А. Прогнозно-поисковая модель эпitherмальных Au-Ag месторождений кислотного-сульфатного типа по данным дешифрирования современных космических снимков (на примере рудного поля Светлое, Хабаровский край) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 5. – С. 84–92.
2. Ворошилов В.Г. Вихревая природа рудогенных геохимических полей // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 1. – С. 46–51.

*СЕКЦИЯ 3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. СОВРЕМЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ.
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ*

3. Ворошилов В.Г. Аномальные структуры геохимических полей гидротермальных месторождений золота: механизм формирования, методика геометризации, типовые модели, прогноз масштабности оруденения // Геология рудных месторождений. – 2009. – Т. 51. – № 1. – С. 3–19.
4. Ворошилов В.Г. Геохимические поля гидротермальных месторождений золота. – Томск: Изд-во СТТ, 2011. – 293 с.
5. Ворошилов В.Г., Ананьев Ю.С. Механизмы формирования и методы выявления разноранговых аномальных геохимических полей // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 8. – С. 41–45.
6. Ворошилов В.Г., Ананьев Ю.С., Тимкин Т.В. Комплексирование геохимических исследований и геологического дешифрирования космоснимков – новый подход к выделению рудоносных площадей // Региональные геохимические работы как основа для оценки рудоносности и нефтегазоносности территорий: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 28-30 Апреля 2015. – Москва: ФГУП "ИМГРЭ", 2015 – С. 42–43.
7. Иванов В.П. Особенности выделения технологических групп в марках при подсчёте запасов углей // Разведка и охрана недр. – 2017. – № 6. – С. 42–47.
8. Иванов В.П. Основные направления использования каменных углей и типизация запасов // Рациональное освоение недр. – 2017. – № 3. – С. 60–65.
9. Иванов В.П. Промышленно-энергетическая классификация для оценки рационального использования углей // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. – № 7. – С. 104–111.
10. Коробейников А.Ф., Ананьев Ю.С., Гусев А.И., Ворошилов В.Г., Номоконова Г.Г., Пшеничкин А.Я., Тимкин Т.В. Рудно-метасоматическая и геохимическая зональность золоторудных полей и месторождений складчатых поясов Сибири. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 458 с.
11. Коробейников А.Ф. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых: учебник для бакалавриата и магистратуры – М.: Юрайт, 2019. – 254 с.
12. Коробейников А.Ф., Ананьев Ю.С., Гусев А.И. Мантийно-коровые рудообразующие системы, концентрирующие благородные металлы: монография. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 261 с.
13. Кучеренко И.В. Проблемы образования гидротермальных месторождений золота. Ч. 1, Магматогенные геолого-генетические концепции // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322. – № 1: Науки о Земле. – С. 11–18.
14. Кучеренко И.В. Формационный метод в геологии золота: итоги и перспективы реализации в генетических и металлогенических исследованиях // Золото и технологии. – 2015. – № 1 (27) . – С. 108–120.
15. Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Синкина Е.А. Золоторудное месторождение Чертово Кoryто: геология, рудно-минеральные комплексы, генезис: монография. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2016. – 372 с.
16. Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Мартыненко В.Г., Верхозин А.В. Структурно-динамическая модель золоторудных месторождений, образованных в несланцевом и черносланцевом субстрате. Ч. 1, Беркульское месторождение (Кузнецкий Алатау) // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313, № 1: Науки о Земле. – С. 12–26.
17. Мазуров А.К. Прогнозно-минерагенические исследования при составлении государственной геологической карты-200 второго поколения // Разведка и охрана недр. – 2010. – № 11. – С. 43–46.
18. Мазуров А.К., Рудмин М.А., Байболова Ш.Ж., Кряжева Т.В. Колчеданные месторождения энзиматических островных дуг Казахстана на примере месторождения Абыз // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 4. – С. 28–37.
19. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – 192 с.
20. Рудмин М.А., Мазуров А.К., Рева И.В., Стеблецов М.Д. Перспективы комплексного освоения Бакчарского железорудного месторождения (Западная Сибирь, Россия) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – № 10. – С. 85–94.
21. Рудмин М.А., Мазуров А.К. Оолитовые руды Бакчарского железорудного узла (Томская область) // Доклады Академии наук. – 2016. – Т. 471. – № 5. – С. 575-578.
22. Rudmin M., Reva I., Sokol E., Abdullayev E., Ruban A., Kudryavtsev A., Tolkachev O., Mazurov A. Minerals of Rare Earth Elements in High-Phosphorus Ooidal Ironstones of the Western Siberia and Turgai Depression // Minerals. – 2020. – Vol. 10, Iss. 1. – P. 11–16.
23. Shirazy A., Ziaii M., Hezarkhani A. Timkin T., Voroshilov V. Geochemical behavior investigation based on k-means and artificial neural network prediction for titanium and zinc, Kivi region, Iran // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. – 2021. – Vol. 332. – № 3. – P. 113–125.
24. Ziaii M., Safari S., Timkin T., Voroshilov V., Yakich T. Identification of geochemical anomalies of the porphyry-Cu deposits using concentration gradient modelling: A case study, Jebal-Barez area, Iran(Article) // Journal of Geochemical Exploration, Volume 199, April 2019. – P. 16–30.