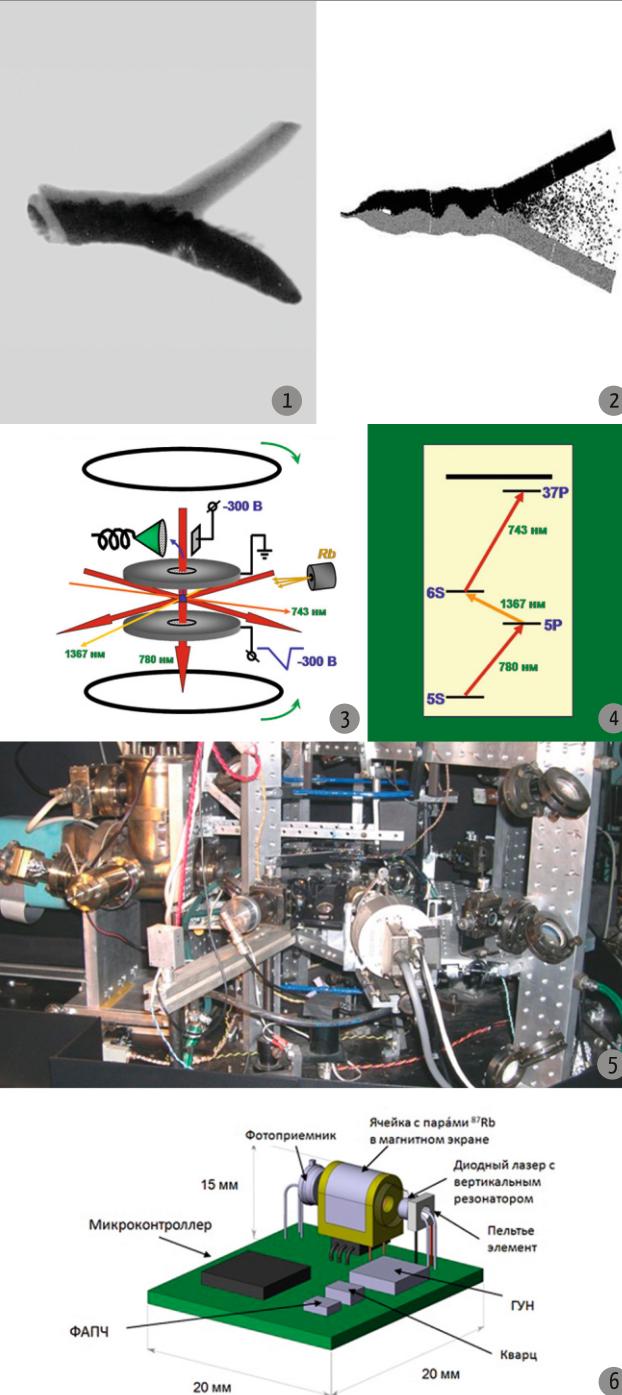


МИР НОВЫХ ЗНАНИЙ

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ПОСЛЕДНЕГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ



ИМ

Институтом математики СО РАН в рамках научной школы академиков решен ряд фундаментальных алгоритмических и алгебро-модельных проблем: классическая проблема об элементах, порождающих целое замыкание кольца нормирования в расширении, и построен алгоритм вычисления сепарант, установлена алгоритмическая сложность автоустойчивости разрешимых моделей в классах моделей и классических алгебраических структурах, решен ряд проблем автоустойчивости в арифметической и гиперарифметической иерархиях.

В направлении дифференциальных уравнений и вычислительной математики предложено решение обратной задачи рассеяния о восстановлении коэффициента преломления в обобщенном уравнении Гельмгольца по заданному модулю рассеянного поля, предложена конструкция разрушающихся решений модифицированного уравнения Веселова-Новикова, построен новый метод моделирования сварки взрывом (рис.1,2).

В рамках научной школы решен ряд принципиальных задач геометрической теории управления: классическая проблема Болла-Мюра, проблема Татта о подсчете неизоморфных карт. Получены существенные приложения теоретических исследований к вопросам механики сплошных сред: исследована задача минимизации функционала энергии в задачах теории упругости на новом классе отображений; доказана разрешимость краевой задачи (осесимметричный случай) для стационарной системы уравнений Навье-Стокса.

ИФП, ИАиЭ, ИЛФ

В ИФП, ИАиЭ, ИЛФ СО РАН выполняются исследования по созданию элементной базы квантовой информатики, кубитов квантового компьютера на одиночных атомах в оптических ловушках и квантовой криптографии с одиночными фотонами.

Холодные атомы в высоковозбужденных (ридберговских) состояниях с главным квантовым числом $n >> 1$ представляют интерес реализации двухкубитовых квантовых операторов на основе дальнодействующих взаимодействий между холодными ридберговскими атомами. В экспериментах атомы Rb сначала охлаждаются и захватываются в магнитооптическую оптическую ловушку, а затем они селективно возбуждаются лазерными импульсами в заданные ридберговские состояния. Впервые наблюдалось резонансное диполь-дипольное взаимодействие (резонанс Фёрстера) двух атомов, получено хорошее согласие с теорией (рис.3,4).

В 2013–2016 годах в ИАиЭ СО РАН создана установка для двухфотонного возбуждения атомов рубидия в ридберговские состояния непрерывными излучениями с длинами волн 780 нм и 480 нм и выполнены первые эксперименты. Возможности установки были протестированы в экспериментах по ридберговскому возбуждению атомов рубидия при комнатной температуре в режиме резонансов электромагнитно-индуцированной прозрачности (ЭИП) (рис.5).

В области современных квантовых технологий, особое место в ИЛФ СО РАН занимают исследования по созданию сверхточных оптических стандартов частоты и времени и оптических часов на их основе, которые играют ключевую роль для синхронизации разного рода сигналов, построения сложных сетей обмена информацией и управления, измерения очень малых промежутков времени и т.д. (рис.6).

Другой областью исследований являются квантовые линии связи, в которых информация передается одиночными фотонами, распространяющимися через оптоволокно. Такие линии связи обеспечивают абсолютную секретность передачи данных благодаря законам квантовой механики. Создана экспериментальная оптоволоконная установка для генерации квантового ключа в стандартных линиях связи с одиночными фотонами на длине волны 1550 нм.

ИЯФ

Институтом ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН в эксперименте с детектором КЕДР на е+е- коллайдере ВЭПП-4 завершена серия экспериментов, в которых с лучшей в мире точностью измерены параметры семейства очарованных мезонов и масса тау-лептона. В измерении массы J/ψ и ψ(2S)-мезонов достигнута относительная ошибка измерение 2×10^{-6} , тем самым более чем в десять раз улучшен рекорд точности измерения массы узких резонансов. В таблицы свойств элементарных частиц Particle Data Group внесено 14 результатов, имеющих лучшую в мире точность (рис.7).

ИНГГ

В ИНГГ СО РАН разработаны основы новой парадигмы развития сырьевой базы и добычи нефти в Российской Федерации. В качестве ее ключевых моментов предлагается:

1) Последовательное расширение географии нефтяной промышленности за счет новых провинций на континентальной части территории России (движение с Запада на Восток и на Север);

2) Приоритетные поиск, разведка и ввод в разработку уникальных и крупных месторождений;

3) Приоритетный ввод в разработку запасов, отличающихся высокими качественными характеристиками (пористость и проницаемость коллекторов, вязкость, плотность, содержание серы в нефтях).

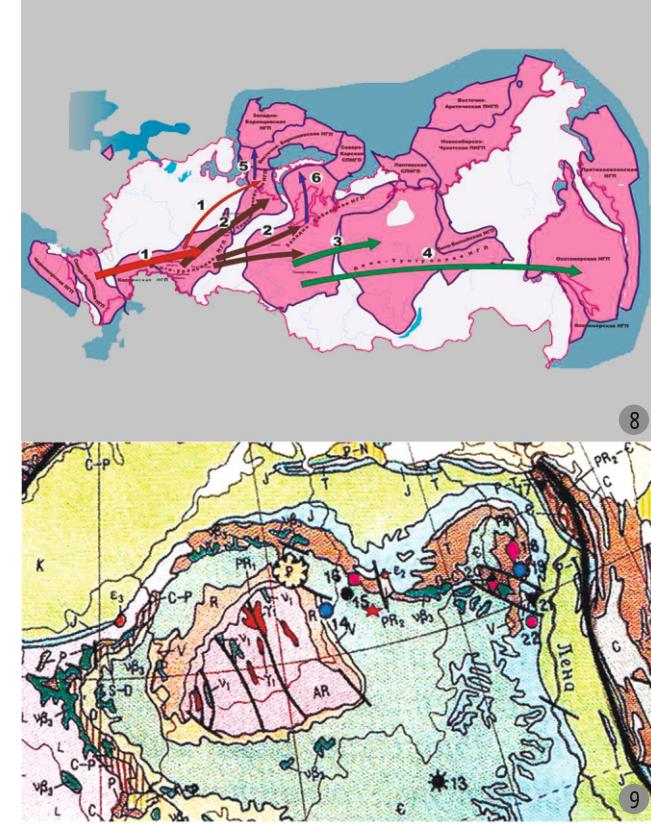
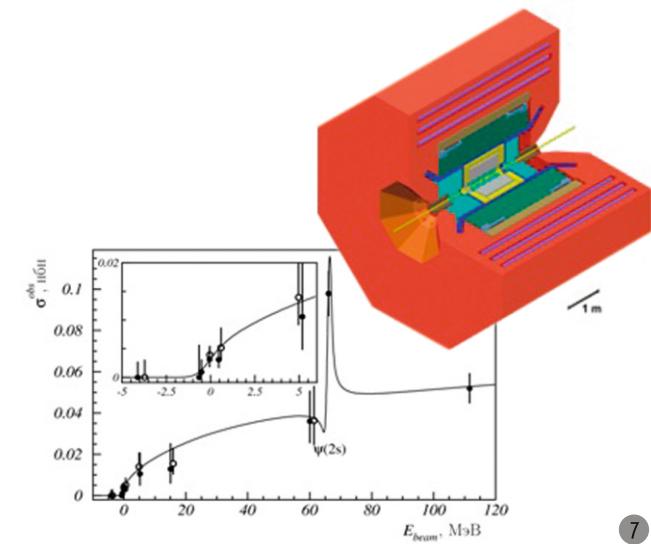
С учетом новой парадигмы развития нефтегазового комплекса Российской Федерации должны быть уточнены и откорректированы следующие документы: Энергетическая стратегия России; Генеральная схема развития нефтяной отрасли; Генеральная схема развития газовой отрасли; Генеральная схема развития нефтепереработки и нефтегазохимии; Генеральная схема развития трубопроводного (включая продуктопроводы) транспорта углеводородов и др. (рис.8).

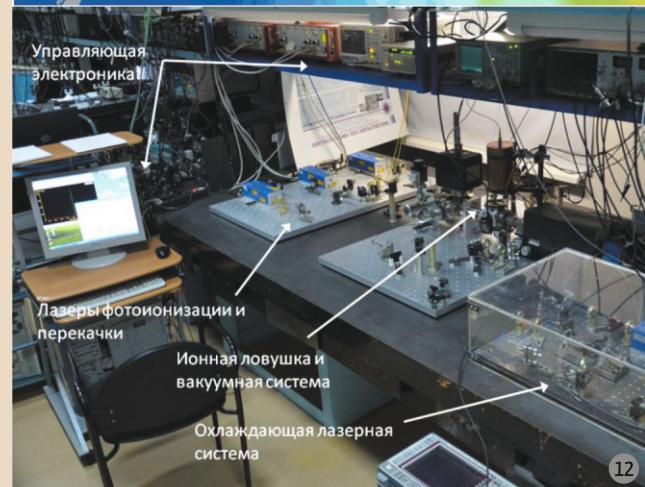
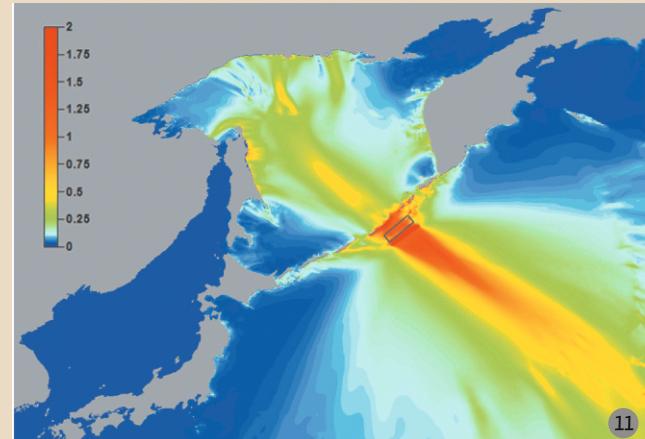
ИГМ

Проведены работы по изучению уникального по запасам и качеству руды необий-редкоземельного месторождения Томтор. В последние годы ИГМ СО РАН выполнено комплексное изучение параметров формирования пород массива. С целью выявления закономерностей образования урановых концентраций полезных компонентов в комплексных ниобий-редкоземельных рудах установлена последовательность формирования редкоземельных карбонатитов, выявлены и изучены формы нахождения рудных компонентов, установлены критерии локализации урановых концентраций. Выявлены минеральные формы главных рудных компонентов и направления эволюции комплексного оруденения от глубинной до поверхностных фаз (рис.9).

ИЗК, ИГАБМ, ИГХ

Установлено, что Сибирский и Североамериканский кратоны на временном интервале от ~1,9 до 0,7 млрд. лет назад располагались вблизи друг друга, образуя единый континент, который выступал своеобразным «ядром», вокруг которого на различных этапах геологической истории были сформированы два суперконтинента: Колумбия (~1,7 млрд. лет назад) и Родиния (~1,1 млрд. лет назад). В пределах этих кратонов выявлены неоднократные синхронные эпизоды формирования крупных изверженных провинций, связанных с активизацией плюмовых процессов – потенциальных источников крупных Ni-Cu-PGE и других месторождений, что имеет важное значение для тектонических и металлогенических построений (рис.10).





МИР НОВЫХ ЗНАНИЙ

ИВМиМГ

В ИВМиМГ СО РАН разработаны численные методы и комплексы программ численного решения обратных задач акустики, электродинамики, биоинформатики, геофизики, климата, физики атмосферы и океана, природоохранного мониторинга и прогнозирования, оценки цунамиопасности, дистанционного космического зондирования Земли. Разработана методика эффективного осреднения радиационной модели для стохастической среды, построены «реалистические» вычислительные модели изотропных неотрицательных экспоненциально коррелированных случайных полей, созданы суперкомпьютерные программные инструменты распределенного численного статистического моделирования, эффективные для решения кинетических уравнений со случайными коэффициентами (рис.11).

ИЛФ

В ИЛФ СО РАН впервые в мире созданы макеты компактных фемтосекундных оптических часов (ФОЧ) с Nd(Yb):YAG/I2 оптическим стандартом частоты и стационарных ФОЧ с оптическим стандартом на одиночном ионе Yb+. Перенос характеристик стандартов в радиодиапазон осуществляется фемтосекундным эрбиевым волоконно-оптическим синтезатором частот, входящим в состав часов. Стабильность выходных частот ФОЧ определяется, главным образом, соответствующими характеристиками оптических стандартов: для Nd(Yb):YAG/I2 $\approx 10-15$, а для Yb+ - $10-16 \div 10-17$ за 10000 сек. Разработанные ФОЧ могут быть использованы в глобальных навигационных спутниковых системах, телекоммуникационных технологиях и фундаментальной метрологии, позволяя существенно повысить точность измерений, сократить время синхронизации бортовых стандартов частоты до 1–10 сек. (в настоящее время – несколько часов) и увеличить точность позиционирования объектов на Земле и в космосе до единиц сантиметров (рис.12).

ИХБФМ

В ИХБФМ СО РАН впервые в мире синтезированы фосфорилгуанидиновые производные олигонуклеотидов (ФГО). Создание ФГО открывает новые возможности для разработки ген-направленных терапевтических препаратов для воздействия на опухолевые и бактериальные клетки.

ФИЦ ИЦиГ

В ФИЦ ИЦиГ СО РАН выявлены и исследованы гены, контролирующие ряд значимых характеристик микроорганизмов, растений, животных и человека, в том числе, важные для биотехнологии гены микроорганизмов; гены устойчивости к заболеваниям растений; гены предрасположенности к социально-значимым заболеваниям человека, выявляемые на основе популяционно-генетических исследований, а также гены, контролирующие поведение животных, в том числе лежащие в основе доместикации (рис.13).

ИТ

С использованием цифровой томографической трассерной анемометрии, математических методов определения пространственных мод в турбулентных потоках специалистами ИТ СО РАН выявлена трехмерная спиральная вихревая структура потока в закрученных газофазных пламенах (рис.14). На основе экспериментального изучения динамики полей скорости закрученных струй при горении предварительно перемешанных смесей сформулирована стратегия повышения эффективности горения факела при одно-временном использовании закрутки и возмущения расхода.

ИТПМ

В ИТПМ СО РАН разработана новая схема сверхзвукового пассажирского самолета с tandemным расположением двух крыльев на фюзеляже и с использованием модифицированного степенного тела в качестве носовой части компоновки. Получено существенное снижение уровня звукового удара на 34% при приемлемой аэродинамической эффективности самолета по сравнению с классической схемой (рис.15). Для совершенствования аэродинамики магистральных самолетов предложен метод существенного (до 80%) снижения сопротивления трения обтекаемой аэродинамической поверхности с помощью каскада синтетических струй, за счет пассивного подвода внешнего напорного потока через высокотехнологичную мелкоперфорированную стенку (рис.16).

Медицинские организации

В Томском НИМЦ с помощью широкогеномного анализа установлены различия профилей метилирования генов в клетках сосудов и периферической крови; в артериях, пораженных и не пораженных атеросклерозом, а также в аутоартериальных и аутовенозных трансплантатах, используемых при коронарном шунтировании. Выявлена широкая сфера компетенции генов с измененным уровнем метилирования в регуляции иммунного ответа, воспалении, апоптозе, клеточном ответе на различные стимулы (в том числе липиды), дифференцировке клеток и морфогенезе. Показана вовлеченность новых генов в сигнальные и метаболические пути при атеросклерозе, а также подтверждена на эпигенетическом уровне функциональная значимость ряда генов, рассматриваемых ранее в качестве кандидатов, в развитии данного заболевания. (рис.17)

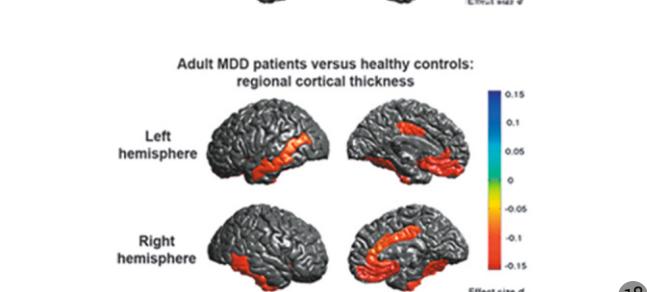
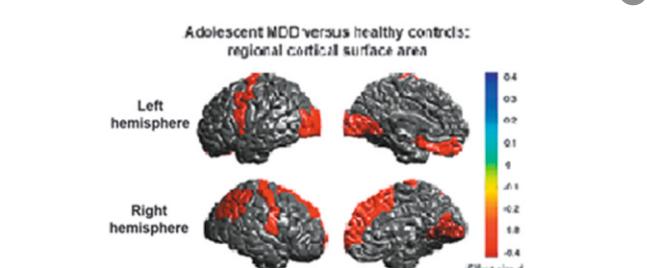
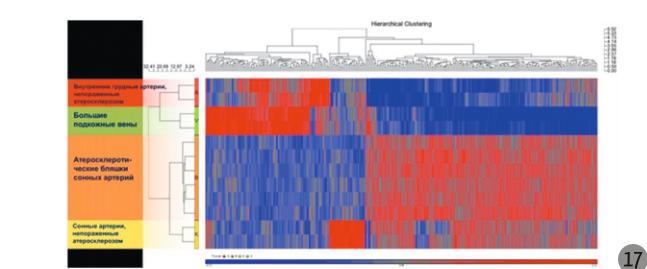
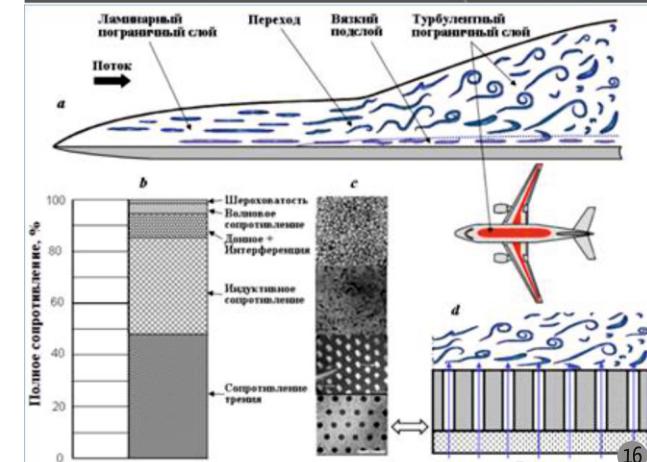
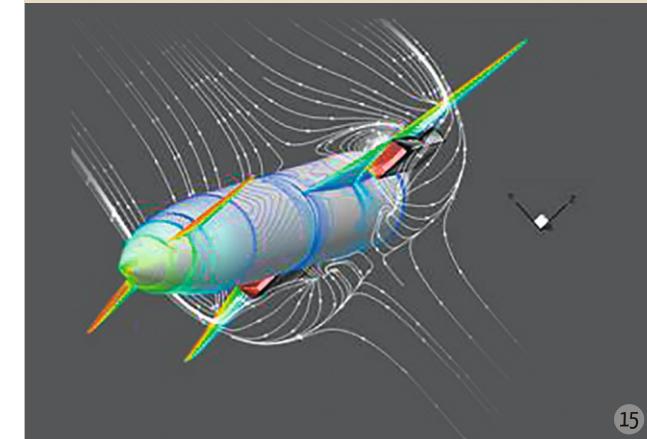
Международной исследовательской группой ENIGMA-MDD по изучению большого депрессивного расстройства (БДР) в рамках международного консорциума ENIGMA, выполняющего геном-ассоциативное исследование нейропроекционных маркеров и эндофено-типов в области нейропсихиатрии. В журнале Molecular Psychiatry (группа журналов Nature) опубликованы результаты исследования 2016 г. По данным структурной Т1-взвешенной магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга 2148 пациентов с БДР и 7957 здоровых людей по согласованным в 20 странах мира протоколам впервые установлено, что:

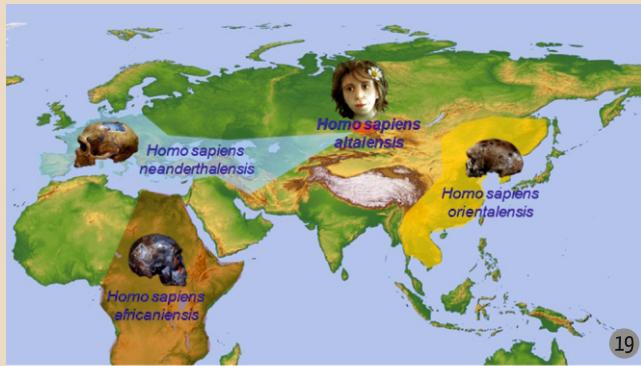
- у взрослых пациентов с БДР наблюдается утончение серого вещества в орбито-фронтальной коре, передней и задней поясной, островковой и височной долях коры головного мозга. Поражения наиболее выражены у пациентов с первым эпизодом заболевания и при его дебюте во взрослом возрасте (с 21 года);
- подростки с БДР обнаруживают тотальное уменьшение общей площади (но не толщины) фронтальной коры (медиальная орбито-фронтальная кора и верхняя фронтальная извилина), первичной зрительной коры, областей вторичной зрительной, соматосенсорной и моторной коры; более выраженные поражения наблюдались у подростков с рекуррентной формой депрессии.

Принципиальный вывод исследования состоит в том, что депрессия поражает структуру коры больших полушарий динамическим образом, формируя в течение жизни пациента различные паттерны нарушений. (рис.18)

ИМКБ

В Институте молекулярной и клеточной биологии СО РАН и Институте археологии и этнографии СО РАН выделен и проанализирован полный митохондриальный геном древнейшей собаки мира (33.5 тыс. лет) из Разбойничьей пещеры Алтая.



**ИВТ, ИАиЭ**

В ИВТ СО РАН произведено моделирование оползневых цунами в акватории Черного моря на основе нелинейно-дисперсионной модели мелкой воды. Продемонстрировано сильное влияние начального положения оползня на картину течения — оползень, располагающийся выше по склону, имеет большее начальное ускорение и сложную траекторию движения.

В результате совместного проекта ИВТ и ИАиЭ СО РАН показано, что при обработке данных дистанционного зондирования Земли для повышения эффективности классификации гиперспектральных (ГС) изображений природных и антропогенных территорий необходимо не только сравнивать тестируемых и эталонных спектров пикселей, но и учесть распределение обучающей выборки в пространстве признаков.

ИАЭТ

В ИАЭТ СО РАН разработана новая модель формирования человека современного физического облика, согласно которой на земном шаре существовало несколько зон независимого становление ранних форм *Homo sapiens*: африканской в Восточной и Южной Африке, ориентальной в Восточной и Юго-Восточной Азии, неандертальской и алтайской в остальной части Евразии. (рис.19,20). Впервые в мировой археологии учеными ИАЭТ СО РАН проведены крупномасштабные исследования уникальных погребений хуннской знати в курганном комплексе Ноин-Ула в Северной Монголии. (рис.21, 22)

ИрИХ

В Иркутском институте химии им. А.Е. Фаворского СО РАН открыто явление самоорганизации сложных молекулярных структур большой практической значимости с участием ацетилена и простых доступных соединений (например, кетонов) в суперосновных средах. Самоорганизация включает согласованное протекание серии элементарных химических стадий с вовлечением в процесс сразу нескольких молекул и промежуточных продуктов, что приводит, в конечном счете, к однореакторному синтезу сложных высоко реакционноспособных молекулярных ансамблей, близких по строению к жизненно важным природным соединениям. Открытое новое явление в органической химии принципиально раздвигает возможности направленного синтеза полезных продуктов (лекарств, высокотехнологичных материалов) с соблюдением требований «зеленой» химии.

НИОХ

Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН является мировым центром по получению и исследованию стабильных нитроксильных (НР) и триарилметильных (ТАМ) радикалов — спиновых ловушек для изучения биологических объектов *in vitro* и *in vivo*, парамагнитных лигандов для создания магнитных материалов, регуляторов роста цепей в процессах полимеризации. Методом томографии ЭПР в спектрально-пространственных координатах с использованием рН-чувствительных спиновых зондов на основе НР впервые получены изображения оксигенации и рН миокардиальной ткани изолированного и перфузируемого сердца крысы при региональной ишемии, что открывает возможность для неинвазивного исследования и визуализации функциональных параметров живых тканей и органов. Разработаны методы синтеза НР, пригодных для адресного введения парамагнитных молекул в белки. Комбинированное применение спиновых меток на основе ТАМ и НР использовано для детектирования взаимодействия мембранных белков с низкомолекулярными объектами методом PELDOR.

МТЦ

В МТЦ СО РАН создан новый класс магнитноактивных материалов — «дышащие кристаллы», обладающих уникальной способностью претерпевать при изменении температуры или внешнего давления обратимые структурные перестройки без разрушения кристалла. Такие перестройки могут сопровождаться значительным изменением объема (>10%), магнитных свойств и цвета кристаллов. Высокая чувствительность «дышащих кристаллов» к внешним воздействиям делает их перспективными спиновыми устройствами для создания датчиков, принципиально новых информационных, сигнальных и указательных систем, автоматически функционирующих за счет изменения параметров окружающей среды и не требующих для своей работы каких-либо дополнительных источников энергии. (рис.23)

ИХТМ

В ИХТМ СО РАН разработан экстракционно-полиольный метод синтеза металлических порошков металлов (серебра, меди, никеля, висмута и их сплавов) с размером частиц от 10 нм до 10 мкм. Метод позволяет получать продукт с высоким выходом и контролируемым размером частиц. Преимуществами метода являются низкая себестоимость, отсутствие опасных или токсичных реагентов, легкость масштабирования. На основе этого метода созданы электропроводящие чернила для струйной печати для формирования электропроводящих элементов и покрытий на плоских подложках с целью создания функциональных материалов и устройств в электронике, приборостроении, авиации, космической технике и других областях.

ИИ

Результатом исследований под руководством академика Н.Н. Покровского стало издание текста первого не летописного свода отечественной истории XVI в. «Степенной книги царского родословия по древнейшим спискам» — первой попытки цельного, концептуального изложения всего исторического пути страны (рис.26).

ИИ, ИАЭТ, ИФЛ, ИМБТ, ГПНТБ

Институтом истории Сибирского отделения РАН совместно с ИАЭТ СО РАН, ИФЛ СО РАН, ИМБТ СО РАН, ГПНТБ СО РАН выпущена «Историческая энциклопедия Сибири», где впервые представлена широкая панорама развития региона с древнейших времен до современности. В трехтомной «Истории Бурятии» (с древнейших времен до наших дней) дана характеристика историко-культурных процессов в контексте кочевых империй, этнического пространства до и после появления «русского фактора», выявлена социокультурная специфика и представлен хозяйственный строй региона. (рис.28)

ИФЛ, ИМБТ, ИГИиПМНС

Филологами институтов СО РАН (ИФЛ, ИМБТ, ИГИиПМНС) продолжается реализация программы по изучению фольклорного наследия и его публикации в серии «Памятники фольклора народов Сибири и Дальнего Востока» — 60-томном академическом собрании на языке оригинала и русском языке со звукозаписями образцов подлинного исполнения. Такая серия не имеет аналога в международной фольклорной практике. К настоящему времени вышли 34 тома серии, в том числе 8 — за последние 10 лет. Издан также 21 том других аутентичных текстов — памятников этнической культуры, в том числе 3 книги олонхо (якутский героический эпос). В 2007–2016 гг. издано 40 томов словарей. Ведется работа по сохранению и восстановлению в обороте языков коренных народов Сибири и Дальнего востока, в том числе малочисленных и находящихся на грани исчезновения. В 2007–2016 гг. вышли из печати 38 грамматик и учебных пособий, хрестоматий для учащихся вузов и школ. (рис.24, 25, 27, 29)

