

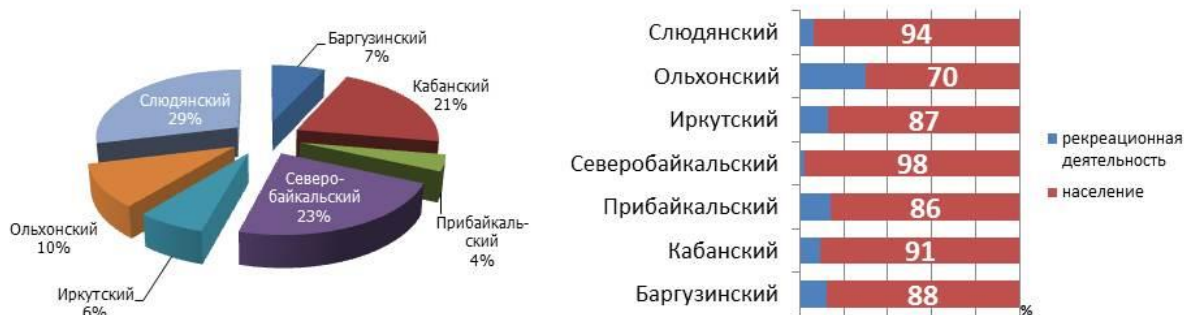
**Важнейшие результаты Интеграционной программы  
«Фундаментальные исследования и прорывные технологии как основа  
опережающего развития Байкальского региона и его межрегиональных связей»**

**Блок 1.1**

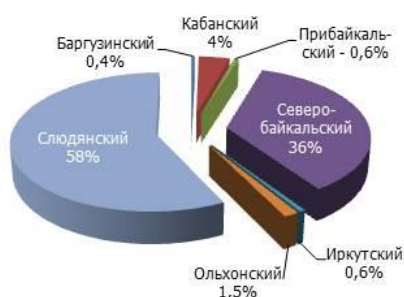
*1. Оценка потенциала образования отходов на территории центральной экологической зоны и возможные направления их сокращения*

На основе оценок потенциала образования отходов на территории центральной экологической зоны Байкальской природной территории (рис. 1) сформулированы возможные направления и пути их сокращения. Общий объем отходов формируется за счет трех составляющих: твердые коммунальные отходы от населения и туристической деятельности, золошлаковые отходы от энергообъектов и отходы лесопиления и лесозаготовки. Из твердых коммунальных отходов основную часть составляют отходы от населения, как в целом по центральной экологической зоне, так и по районам. Основные золошлаковые отходы сконцентрированы в южной и северной частях центральной экологической зоны (Слюдянский и Северобайкальский районы), а отходы лесозаготовки и лесопиления – преимущественно в Баргузинском и Прибайкальском районах.

**Твердые коммунальные отходы – 36 тыс. т**, из них:  
от населения - **32,5 тыс. т (или 90,3%)**  
от рекреационной деятельности – **3,5 тыс. т (или 9,7%)**



**Золошлаковые отходы – 79-80 тыс. т в год**



**Отходы лесозаготовки – 139 тыс. т/год**

преимущественно в **Баргузинском (34%)**  
**Прибайкальском (32%)**  
**Кабанском (22%)** районах

**Отходы лесопиления – 13 тыс. т в год**

преимущественно в **Баргузинском (62%)**  
**районе**

Рис. 1. Оценка количества отходов в центральной экологической зоне Байкальской природной территории

Результаты опубликованы в статьях:

B.G. Saneev, I. Yu. Ivanova, E. P. Maysyuk and A.K. Izhbuldin. The main directions of solving energy-related environmental problems in the central ecological zone of the Baikal natural

Заборцева Т.И., Майсюк Е.П., Макаренко Е.Л. Мониторинг обращения с отходами в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. Импакт фактор журнала в РИНЦ 0,823. Статья передана на опубликование.

*2. Оценка экономической эффективности использования теплонасосных установок для замещения угольных котельных малой мощности в центральной экологической зоне Байкальской природной территории*

Разработана система имитационных моделей для оценки экономической целесообразности замещения угольных котельных малой мощности теплонасосными установками с переводом системы отопления на низкотемпературный режим 60/45°C. При оценке эффективности рассматривается моновалентный режим работы теплонасосных установок с тремя вариантами отбора низкопотенциального тепла: из грунта, из горизонтального земляного контура, из озера Байкал. Определены технико-экономические и природно-климатические факторы, влияющие на конкурентоспособность систем отопления с теплонасосными установками в сравнении с угольной котельной (рис. 1).

Сравнительный анализ полученных результатов показывает большую экономическую эффективность теплонасосных установок с отбором тепла из скважин. По сравнению с системой отопления на базе теплонасосных установок с отбором тепла из водоема она менее зависима от тарифа на электроэнергию, не зависит от ставки за водопользование. Система отопления с отбором низкопотенциального тепла из горизонтального земляного контура имеет существенно более высокие капитальные вложения и, соответственно, эксплуатационные затраты, что отрицательно сказывается на конкурентоспособности варианта. Замещение малых угольных котельных теплонасосными установками в центральной экологической зоне Байкальской природной территории нецелесообразно, может стать перспективным при стоимости угля выше 6 тыс. руб./т у.т и тарифе на электроэнергию менее 4 руб./кВт·ч.

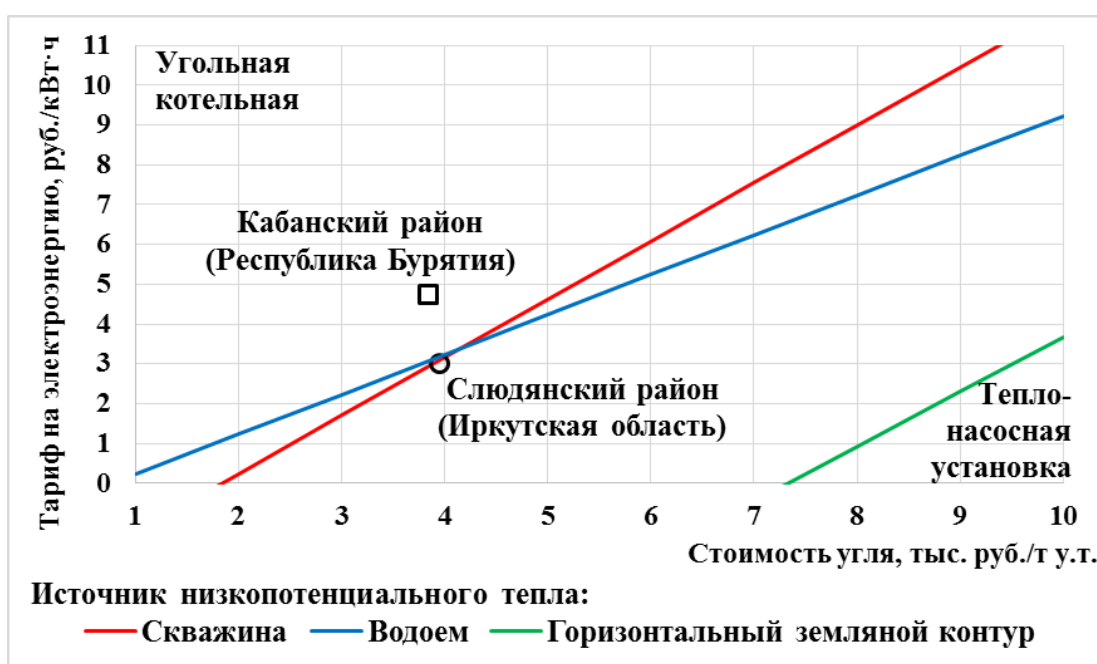


Рис. 1. Зоны конкурентоспособности теплонасосных установок с различными вариантами отбора низкопотенциального тепла для условий центральной экологической зоны Байкальской природной территории

Результаты исследования отражены в статье:

Иванова И.Ю., Шакиров В.А., Ермаков М.В., Бухер Ф.С. Оценка экономической эффективности использования теплонасосных установок для замещения угольных котельных малой мощности на примере Байкальской природной территории // Теплоэнергетика. Импакт фактор журнала в РИНЦ 0,954, частично индексируется в Scopus.

## Блок 1.2

### 1. Повышение качества золотосодержащего концентрата на золотоизвлекательных фабриках

В результате проведения промышленных испытаний на продукте концентрат флотации на стадии основной винтовой сепарации (рис. 1) был получен концентрат с содержанием золота 63,20 г/т и извлечением 67,20 %. Контрольная операция на промпродукте и хвостах I дополнительно извлекает 5,98 % золота, качество концентрата данной операции составляет 39,9 г/т. Суммарное содержание золота в концентрате винтовой сепарации составляет 60,3 г/т с извлечением 73,18 %, в хвостах винтовой сепарации – 3,125 г/т с извлечением 26,82 %. Полученные результаты подтверждают эффективность применения данных методов обогащения, что в свою очередь позволит повысить технико-экономические показатели за счет снижения потерь золота с отвальными хвостами.

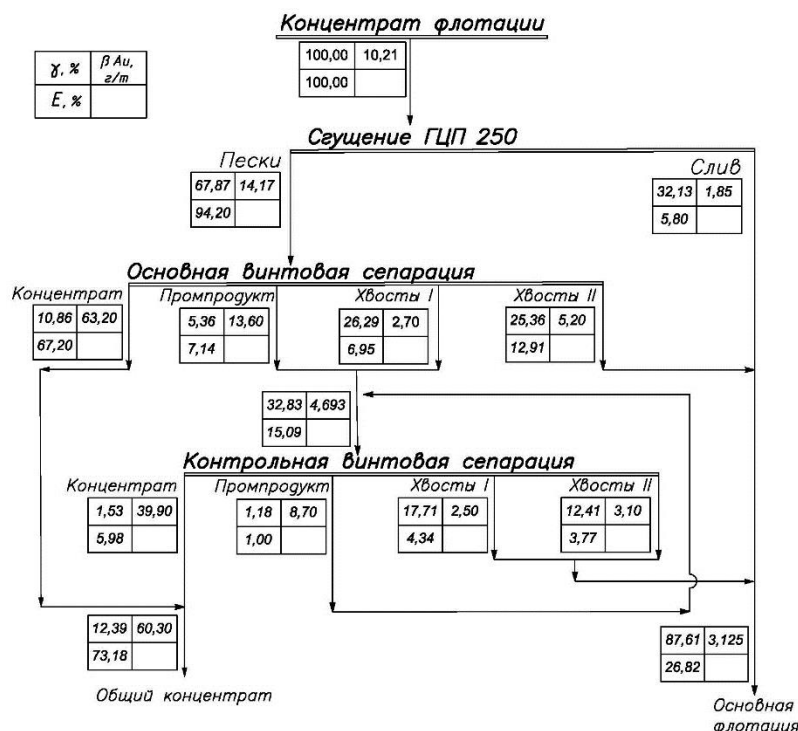


Рисунок 1 – Схема проведения промышленных испытаний на концентрате флотации ЗИФ Тарынского ГОКа

Результаты опубликованы в тезисах докладов:

Турецкая Н.Ю., Прокопьев Е.С., Иванова К.К., Прокопьев С.А., Харчистов В.А.// Тез. докл. Международной конференции «Плаксинские чтения - 2019». – Иркутск. – 2019. – С. 241-243.

Самсоненко Т.Е., Прокопьев С.А., Прокопьев Е.С., Харчистов В.А., Чикишева Т.А.// Тез. докл. Международной конференции «Плаксинские чтения - 2019». – Иркутск. – 2019. – С. 255-259.

## 2. Результаты экспериментального моделирования процессов агрегации наночастиц благородных металлов в различных условиях и системах

Результаты изучения «скрытой» металлоносности на золоторудных месторождениях позволяют установить формы присутствия платиноидов (рис. 2), что существенно дополняет круг известных платиноносных рудных формаций и способно повысить ценность добываемого сырья на месторождениях, где платиноиды сопутствуют золотому оруденению. Предложено возможное решение давней проблемы скрытых форм платиноидов, которые обнаруживаются химическими методами, но не проявляются в виде металлических частиц или каких-либо иных собственных минеральных форм. Они могут находиться в качестве структурной примеси и в поверхностно-связанной форме в наноразмерных (по толщине) неавтономных фазах или продуктах их эволюции (например, по механизму темплатной сборки наночастиц).

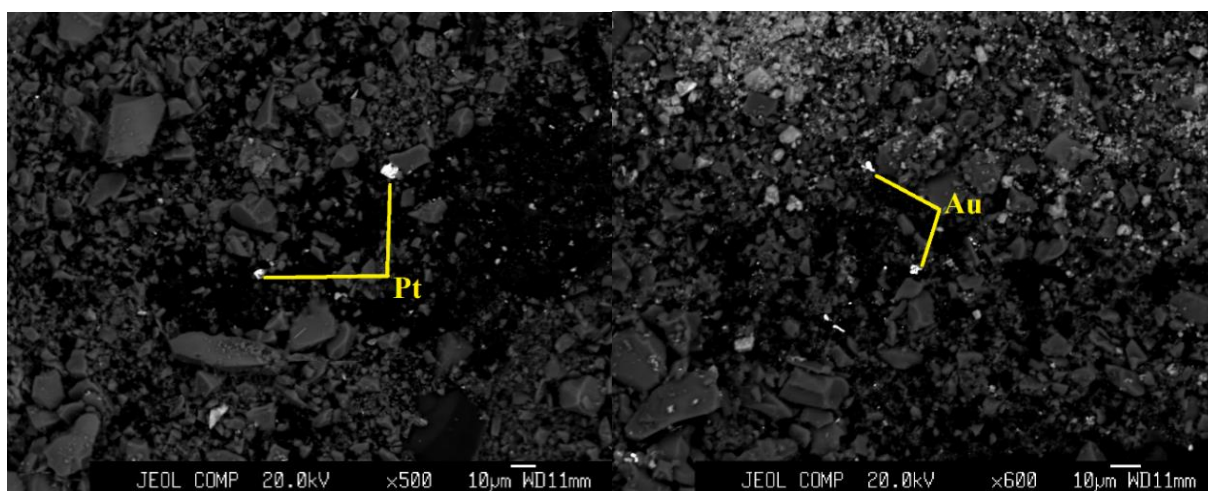


Рисунок 2 – Частицы Pt, образовавшиеся за счет агрегации НЧ на порошке кварцита в присутствии пирита. Размер частиц 3-6 мкм. Изображение в обратно рассеянных электронах.

Результаты опубликованы в статьях:

- 1) Таусон В.Л., Липко С.В., Арсентьев К.Ю., Смагунов Н.В. Рост кристалла посредством неавтономной фазы: следствия для распределения элементов в рудных системах // Кристаллография, 2019, Том 64, № 3, С. 465–476.
- 2) Tauson V., Lipko S., Kravtsova R., Smagunov N., Belozeroва O., Voronova I. Distribution of “invisible” noble metals between pyrite and arsenopyrite exemplified by minerals coexisting in orogenic Au deposits of North-Eastern Russia // Minerals. 2019. V.9. No. 11. Art. 660

### Блок 1.3

В процессе исследований были выполнены работы по уточнению геологической карты района. Однако основное внимание было направлено на изучение структуры кварцитоносной иркутской свиты, в пределах которой выявлены участки высокочистых кварцитов Урдагарганский и Урунгенурский. До настоящего времени информация о ее строении весьма скромная и базировалась на материалах среднемасштабного геологического картирования. В результате проведенных структурных исследований было установлено, что дислоцируемость свиты предопределяется вязкостью слагающих ее пород. Большая часть разреза сложена кварцитами, которые являются вязкими и создают структурный каркас района. Кварцитам как вязким породам не свойственна складчатость, а альтернативой ей являются срывы согласные слоистости. Так в пределах Урдагарганского



и Урунгенурского участков пачки кремнисто-карбонатных пород в результате продольного сжатия подвергались послойными маломощными срывами между породами разной компетентности. Срывы фиксируются возникновением мелкой асимметричной складчатости. Участками подобные срывы достигают значительной мощности и карбонатные породы в них подвергаются оталькованию, а по масштабу эти срывы соответствуют пологим надвигам. Микроструктурные исследования с учетом тектонофизических представлений о напряженно-деформированном состоянии пород показали, что кварцевые толщи района в значительной мере были подвержены механохимическому преобразованию, что повлияло на их технологические характеристики. По морфологии тела перекристаллизованных кварцитов вследствие тектонических процессов представлены линзами и прослоями мощностью до первых десятков метров. Значительная по площади распространённость пород иркутской свиты обусловлена пологими углами моноклинально залегающей толщи, а увеличение разреза может быть обусловлено сдвоением вследствие транспорта пород по пологим срывам в юго-восточном направлении. На основании этого можно сделать заключение о высоких перспективах иркутской свиты на возможность обнаружения объектов на высокочистое кварцевое сырьё.

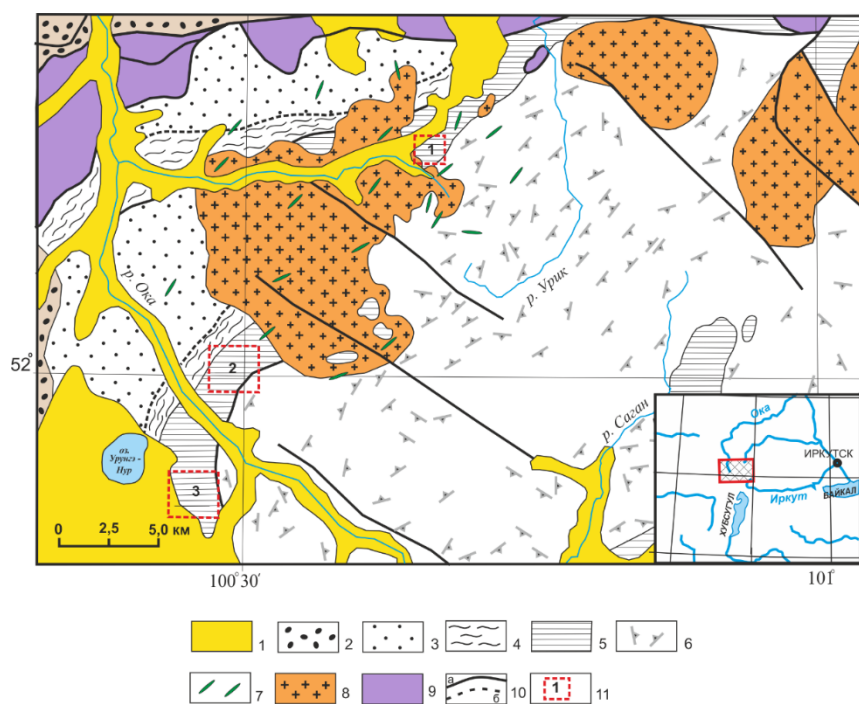


Рис. – Геологическое строение западной части Гарганской глыбы и ее обрамления. 1 – четвертичные образования разных генетических типов; 2 – боксонская серия Боксонской зоны (венд); 3-5 – среднерифейские свиты: 3 – монгошинская, 4 – ильчирская, 5 – иркутная; 6 – позднеархейские образования Гарганской глыбы с отображением в них плоскостных элементов пород (полосчатость, сланцеватость); 7-8 – интрузии позднего рифея: 7 – холбинский дайковый комплекс, 8 – сумсунурский комплекс; 9 – офиолитовая ассоциация позднего рифея (ультрабазиты, серпентинитовый меланж, габбро, эффузивы с перекрывающими осадками); 10 – разрывные нарушения (а – достоверные, б – предполагаемые); 11 – участки детальных работ: 1 – Ока-Урукский узел, 2 – Урдагарганский узел, 3 – Урунгенурский узел.

## Блок 1.5

1. *Обоснованы методические приёмы подавления гальванических влияний приповерхностных 3Д-неоднородностей*, пространственный спектр которых не полностью покрыт разведочной сетью магнитотеллурических зондирований (МТЗ). Для этого сформирована программа оценки азимутального распределения коэффициента гальванического экранирования, которая в каждой расчётной точки вычисляет свёртку

коэффициентов двумерного фильтра (рис. 1) с наблюдаемой проводимостью надсолевой части разреза с поворотом фильтра через  $22.5^\circ$ .

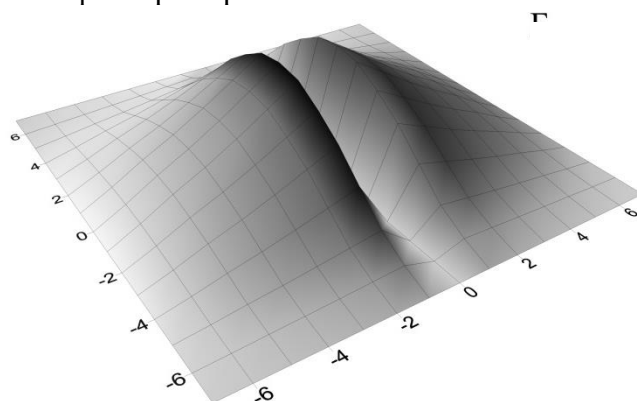


Рис. 1. Форма фильтра для расчёта  $S_e$ .

Непосредственные расчёты проведены с использованием данных о распределении надсолевой проводимости  $S_1$  одной из площадей в пределах Ангаро-Ленской ступени юга Сибирской платформы, изученной методом становления поля в ближней зоне (ЗСБ) по плотным 3D сетям. Анализ результатов расчётов (рис. 2) показывает сложный характер распределения азимутальных зависимостей  $K_{ГЭ}$ , в зависимости от аномалий надсолевой проводимости. Так, в пределах вытянутых проводящих аномалий  $K_{ГЭ}$  приближается к 1 в продольном направлении. В пределах непроводящих участков максимальные значения  $K_{ГЭ}$  ориентированы поперёк простираения аномалий и наименее экранированы минимальные компоненты.

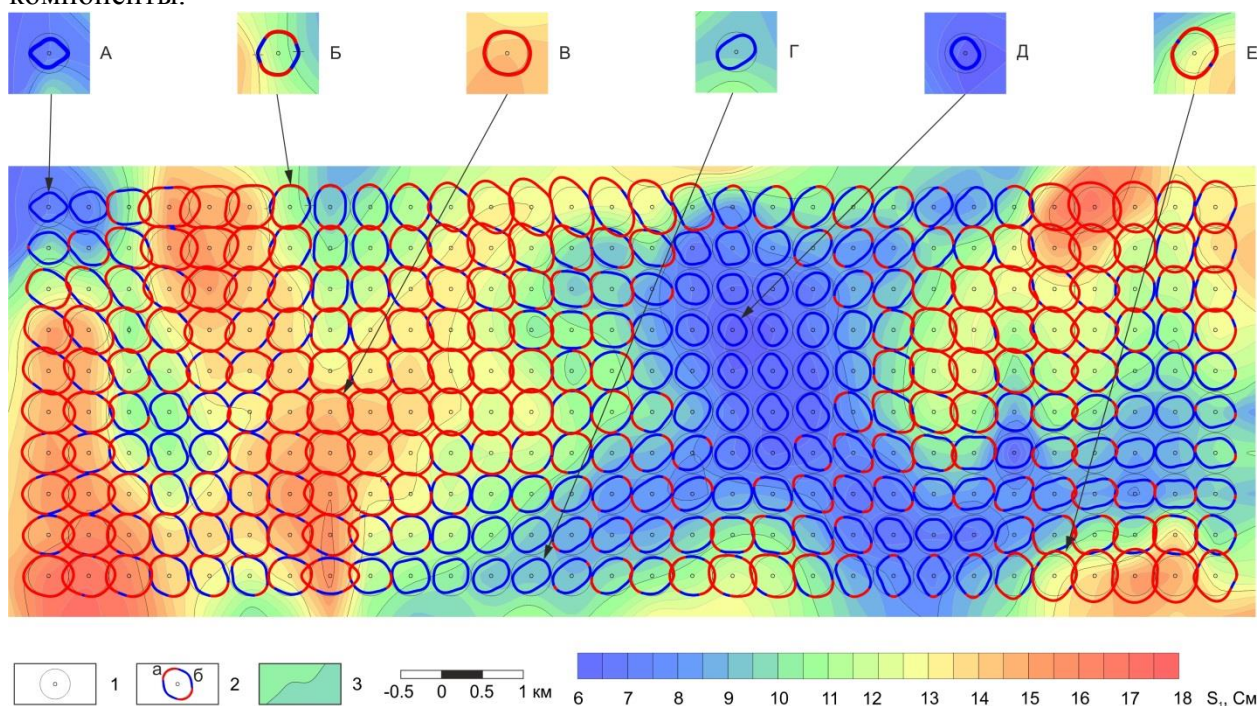


Рис. 2. Результаты расчёта азимутального распределения  $K_{ГЭ}$ .

1 – расчётные пункты МТЗ и единичный круг; 2 – азимутальные кривые  $K_{ГЭ}$ : а –  $K_{ГЭ} > 1$ , б –  $K_{ГЭ} < 1$ ; 3 – изолинии проводимости, См. На врезке сверху: А – азимутальное распределение сложной формы, Б – не отклонена по уровню эффективная кривая, В – все кривые выше нормального уровня, Г – не отклонена максимальная кривая, Д – все кривые ниже нормального уровня, Е – не отклонена минимальная кривая.

Указанная разработка отражена в публикации: Поспеев А.В., Сень Е.А. Влияние «геологического шума» на данные магнитотеллурического зондирования и способы его учёта. «Геология и геофизика», принято к печати.

## 2. Продолжена разработка методологии интегрирования геолого-геофизических данных.

Основной целью комплексного анализа данных МОВ ОГТ 3D, ЗСБ и ГИС (рис. 1) является получение наиболее полного представления о прогнозных характеристиках перспективных объектов: эффективной толщины, пористости и характера насыщения. Интегрирование информации о различных свойствах среды, определяемых по данным сейсморазведки, электроразведки, бурения и ГИС, позволяет построить наиболее полную и информативную модель разреза. Информация о распределении УЭС горизонта (по 3D ЗСБ) характеризует его ёмкостные свойства и тип насыщения, что в условиях наличия детальной структурной модели (по 3D сейсморазведке) и геомеханического моделирования открывает возможность построения согласованной геологической модели. Здесь детальная геоэлектрическая модель применяется для решения двух типов задач: картирования горизонтов-коллекторов в карбонатно-галогеинной части разреза (для прогнозирования возможных осложнений при бурении) и выбора наиболее перспективных с точки зрения газоносности областей для последующего размещения кустов скважин.

Прогнозирование типа флюидонасыщения коллектора (коэффициента остаточной водонасыщенности) возможно за счёт интегрирования данных сейсмо- и электроразведки. Интегрирование выполняется путём расчёта коэффициента остаточной водонасыщенности из значений продольной проводимости по данным нестационарных электромагнитных зондирований и ёмкостных характеристик (коэффициент пористости и эффективная мощность коллектора) по данным сейсморазведки. Пересчёт выполняется с использованием эмпирической петрофизической зависимости Дахнова-Арчи (с учётом коэффициентов, определенных по данным лабораторных исследований керна). Применение электроразведки 3D ЗСБ, при наличии информации об ёмкостных параметрах коллектора по 3D сейсморазведке, позволяет оценивать коэффициент остаточной водонасыщенности ( $K_{во}$ ).

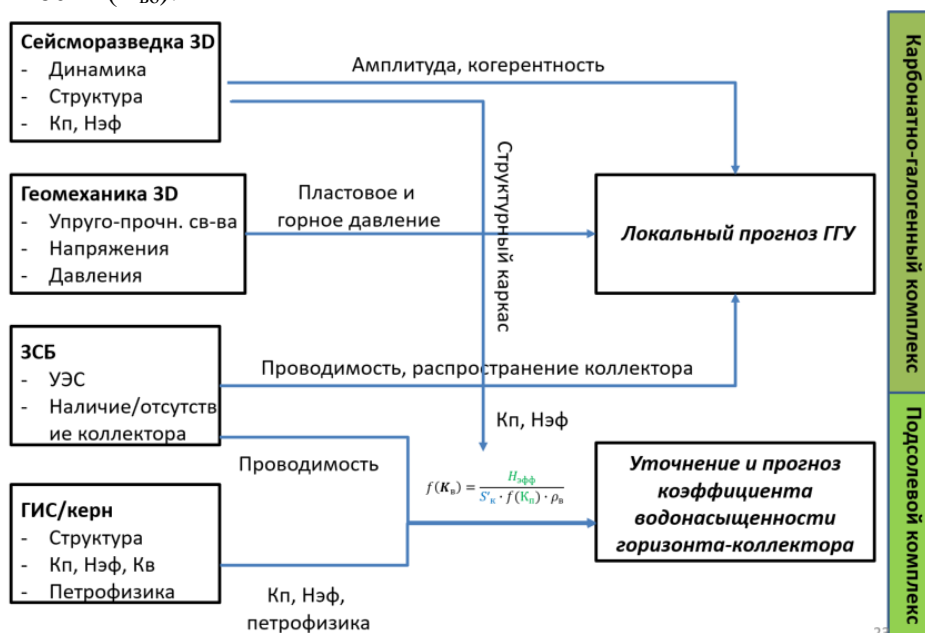


Рис. 3. Принципиальная схема методики интегрирования геолого-геофизической информации

По результатам исследований выявлено, что неопределенности структурных построений и оценок ёмкостных параметров коллектора, полученных по данным сейсморазведки МОВ ОГТ 3D, ведут к значительному изменению расчётной модели его водонасыщенности. Верификация полученных построений посредством кросс-валидации либо калибровки на скважины (ГИС, флюидодинамические испытания и др.) позволяет выбрать наиболее достоверную геологическую модель. В целом, оценка неопределенностей



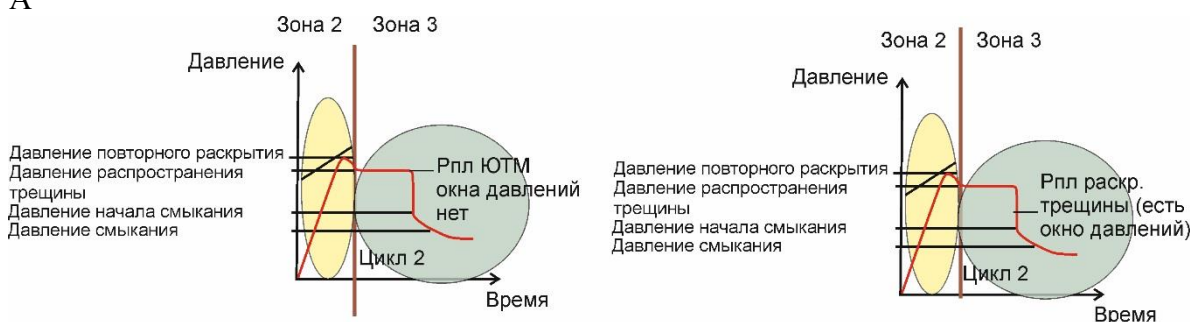
геологической модели позволяет более достоверно оценивать геологические запасы и минимизировать риск бурения сухих скважин.

Данная разработка отражена в публикации: Семинский И.К., Буддо И.В., Мурзина Е.В., Селяев В.А. Возможности электроразведки методом зондирования становлением поля в ближней зоне при решении нефтегазопроисковых задач на юге Сибирской платформы // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2019. №3. С. 84–92.

### 3. Продолжено совершенствование научных основ технологий безаварийной проходки скважин при вскрытии сложно-построенных коллекторов.

Установлено, что важнейшее значение для разведки и разработки залежей нефти, газа и промышленных рассолов в трещинных резервуарах имеет соотношение давления флюида и давления на стенки трещины. Давление смыкания трещин ( $P_{CM}$ ) и пластовое давление ( $P_{Пл}$ ) флюидонасыщенной системы могут находиться в разном соотношении (рис. 4).

А



Б

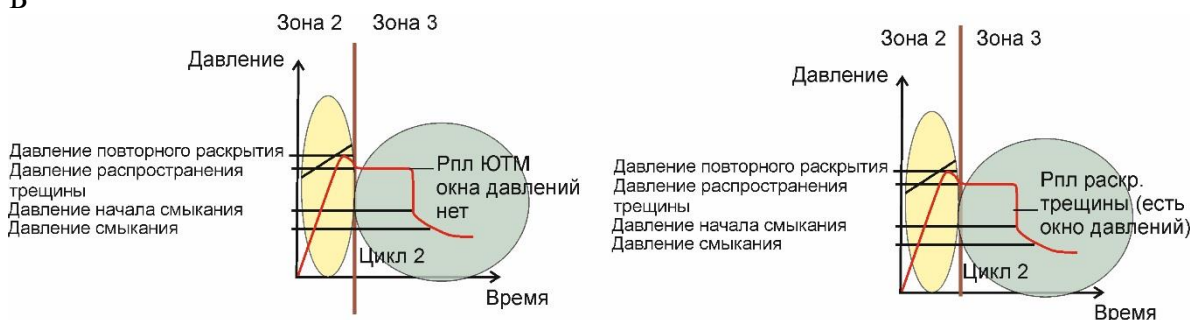


Рис. 4. Соотношение давления смыкания трещин и пластового давления: А – все фильтрующие трещины природного резервуара закрыты, Б – все фильтрующие трещины природного резервуара открыты

При вскрытии забоя бурением в деформированных трещинных карбонатных коллекторах имеют место несколько процессов: импульсное раскрытие естественных трещин и поступление шлама в трещины и закрепление этих трещин разнофракционным шламом в момент максимального раскрытия. «Попутное» закрепление трещин шламом при углублении ГС в условиях их искусственного приоткрывания гидравлическими импульсами потока БР – это крайне важный положительный процесс, прямо влияющий на эффективность последующей разработки углеводородного или гидроминерального месторождения. Эффект закрепления трещин стабилизирует коэффициент продуктивности скважины по продукту (нефть, газоконденсатная смесь, промышленные воды). Поэтому предложен и обоснован технологический переход к запланированному закреплению трещин в цикле первичного вскрытия, для чего могут быть экспериментально подобраны диаметры частиц проппанта, режимы закачки, перепад давлений, который способен удержать закачиваемый проппант при создании воронки депрессии.

Основной рекомендацией при разработке месторождений является рассмотрение природно-технической системы на основе комплексного анализа ее составных частей. Так,



на основе моделирования горно-геологических условий юга Сибирской платформы выданы рекомендации по первичному вскрытию бурением продуктивного пласта с соблюдением баланса забойного и пластового давления. Баланс достигается путем комбинирования текущего забойного давления в область репрессии и депрессии.

Данная разработка отражена в публикации: Вахромеев А.Г., Иванишин В.М., Сверкунов С.А., Поляков В.Н., Разяпов Р.К. Глубокая скважина как стенд гидравлических «on-line» исследований напряженного состояния горного массива флюидонасыщенных трещинных коллекторов. Геодинамика и тектонофизика. 2019; 10(3): 761–778. <https://doi.org/10.5800/GT-2019-10-3-0440>.

## Блок 2.1

### 1. Создание вакцины против аногенитальных папилломатозов и цервикального рака

При исследовании иммуногенности разрабатываемой вакцины против опасных аногенитальных папилломатозов и цервикального рака был установлен высокий уровень иммунного ответа, который характеризовался активным синтезом антител как против аногенитальных папилломатозов, так и цервикального рака в ответ на пероральное применение вакцины, созданной на основе растительной экспрессионной системы (томат) (рис. 1, 2 и 3).

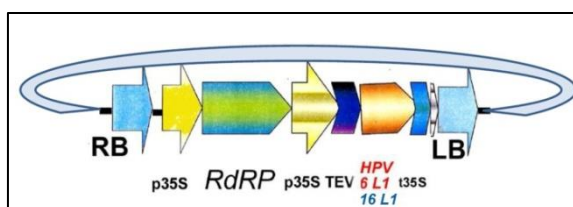


Рис.1. Генетическая конструкция для синтеза антигенных белков ВПЧ L1 типов 6 и 16

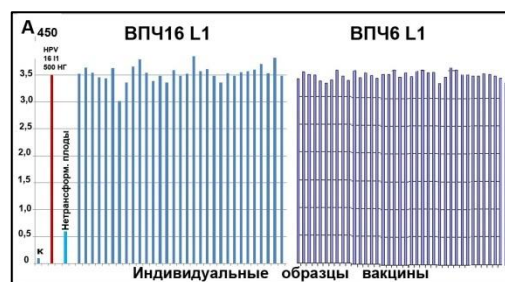


Рис.2. ИФА содержания ВПЧ16 L1 и ВПЧ6 L1 в вакцинном материале.

В качестве первичных антител использованы соответствующие антитела из сывороток крови мышей.

В процессе изучения антительного ответа надежно подтверждено перекрестное взаимодействие между антителами ВПЧ6 и антигенами ВПЧ16,18,31 и 45 наиболее канцерогенных типов. (рис.4).

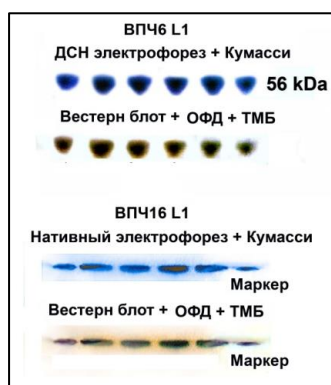


Рис.3. ДСН и нативный электрофорез в градиенте ПААГ 8-25% и 4-15% антигенных белков ВПЧ6 L1 и ВПЧ16 L1 и Вестерн гибридизация по форедам.

ОФД - ортофенилендиамин, ТМБ - тетраметилбензидин

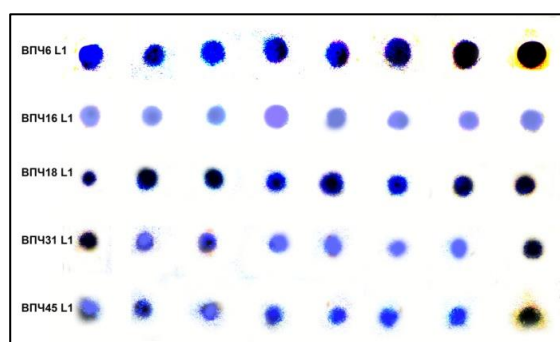


Рис.4. Вестерн блот гибридизация антигенных белков L1 типов ВПЧ6,16,18, 1 и 45 папилломавируса. В качестве первичных использованы антитела к ВПЧ6 L1

Таким образом, в результате пероральной иммунизации мышей вакцинным материалом плодов томата, трансгенного по гену *hprv6 L1*, получены высокоэффективные антитела на антигенный белок L1 аногенитального типа папилломавируса ВПЧ6 L1, которые имели перекрестное сродство к антигенам высококанцерогенных типов ВПЧ16, 18, 31 и 45. Следовательно, при создании вакцины можно обойтись двумя компонентами: на основе ВПЧ6 L1 и ВПЧ16 L1, что может значительно облегчить и удешевить производство бинарной вакцины против аногенитальных папилломатозов и цервикального рака.

Статьи опубликованы в следующих изданиях:

1. Salyaev, R. K. The new plant expression system for the creation of vaccines against papillomaviruses [Text] / R. K. Salyaev, N. I. Rekoslavskaya, A. S. Stolbikov // Doklady Biochemistry and Biophysics. - 2019. - V. 484. - № 1. - P. 52-54.

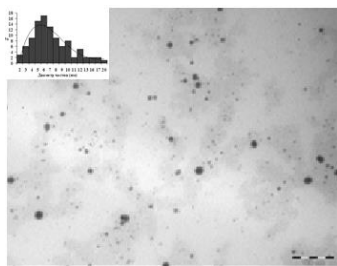
Журнал индексируется Web of Science, Scopus. Импакт фактор журнала 0,625.

2. Салаяев Р.К., Рекославская Н.И., Столбиков А.С. Перспективы использования растительных экспрессионных систем в разработке инновационных вакцин и новых технологий получения рекомбинантных белков // Сборник тезисов Международной научной конференции "Перспективы развития биомедицинских технологий в Байкальском . регионе" (Иркутск, 5-7 февраля 2019 г.) Иркутск. ИНЦ СО РАН, БНЦ СО РАН, 2019. - С. 90-91. eLIBRARY ID 38309318 ISBN:978-5-94797-341-9 (РИНЦ) (есть оглавление из eLIBRARY)

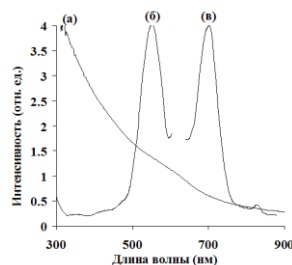
3. Рекославская Н.И., Салаяев Р.К., Столбиков А.С. Растительные экспрессионные системы как перспективный путь для синтеза целевых белков различного происхождения // Международная научная конференция "Современные проблемы биологии, экологии и почвоведения" , посвященная 100-летию высшего биологического образования в Восточной Сибири". (Иркутск, 19-22 сентября 2019 г). Иркутск ИГУ Биолого-почвенный факультет. - 2019. - С. 94-97.

## 2. Синтез и биологические свойства водорастворимых наноконкомпозитов, содержащих квантовые точки $Ag_2Se$

Синтезированы водорастворимые наноконкомпозиты, содержащие квантовые точки  $Ag_2Se$ , инкапсулированные в макромолекулы трансбарьерного полисахарида арабиногалактана. Полученные новые водорастворимые нанобиоконкомпозиты являются перспективными средствами люминесцентной биомедицинской диагностики – испускают световые кванты в ближней инфракрасной области – “окне прозрачности” биологических тканей.



**Рис. 1. Микрофотография  $Ag_2Se$ -содержащего наноконкомпозита (5.0 %  $Ag_2Se$ ), на вставке - диаграмма дисперсного распределения наночастиц  $Ag_2Se$**



**Рис. 2. Фрагменты спектров поглощения - (а), возбуждения - (б) и флуоресценции - (в) 0.01 % водных растворов наноконкомпозита на основе АГ, содержащего КТ  $Ag_2Se$  (5.0 %)**

При моделировании интоксикации белых крыс на воздействие наноконкомпозита, содержащего квантовые точки  $Ag_2Se$ , инкапсулированные в полимерную матрицу

арабиногалактана, установлено, что данный препарат относится к **малоопасным веществам**. Патоморфологическое исследование внутренних органов крыс не выявило каких-либо значимых изменений в структуре ткани головного мозга и печени животных. Вместе с тем, в ткани почек отмечается снижение площади капсулы Шумлянско-Боумена, что может привести к сокращению формирующегося объема первичной мочи, и в последующем к снижению способности почек выводить из организма продукты метаболизма (рис.3).

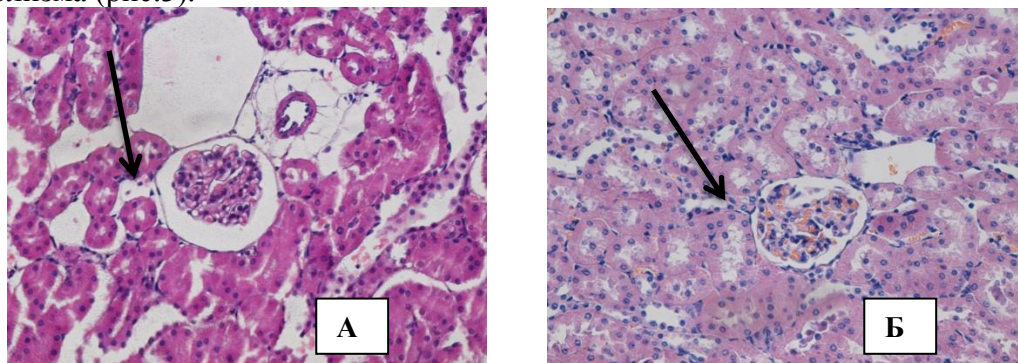


Рис 3. Ткань почки белых крыс опытной (А) и контрольной (Б) групп. ↑- камера Шумлянско-Боумена. Окр. гематоксилин-эозин. Ув. X 400.

### 3. Влияние нанокompозита селена и арабиногалактана на жизнеспособность фитопатогена *Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus* (Cms)

В качестве достойной альтернативы имеющимся малоэффективным методам борьбы с фитопатогеном *Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus* (Cms), являющимся возбудителем кольцевой гнили картофеля, могут выступать новые Se<sup>0</sup>-содержащие нанокompозиты, объединяющие известную выраженную антимикробную активность селена, а также водорастворимость и биодоступность, мембранотропность определяемые используемым в качестве стабилизирующей матрицы полисахаридом арабиногалактаном.

Для выявления механизма подавления нанокompозитами селена жизнеспособности бактерий было изучено изменение интенсивности поглощения кислорода и изменение флуоресценции в клетках *Cms* после обработки нанокompозитом. Показано, что углеродный предшественник нанокompозитов – арабиногалактан стимулировал поглощение кислорода клетками. Выявлен подавляющий эффект на дыхание у нанокompозита с содержанием селена 2,5% (рис.1). Показано изменение мембранного потенциала бактериальной клетки при действии красителя TMRM: липофильные зонды красителя проникают через билипидные мембраны и накапливаются в областях с высокой концентрацией протонов, изменяя интенсивность флуоресценции клеток (рис.2). Если концентрация протонов снижена, то наблюдается исчезновение флуоресценции этого красителя, что и позволяет отличить живые клетки от клеток, в которых произошел запуск апоптоза. Полученные результаты позволяют рассматривать нанокompозит селена и арабиногалактана в качестве экологически безопасного агента для оздоровления сельскохозяйственных растений от патогенных бактерий.

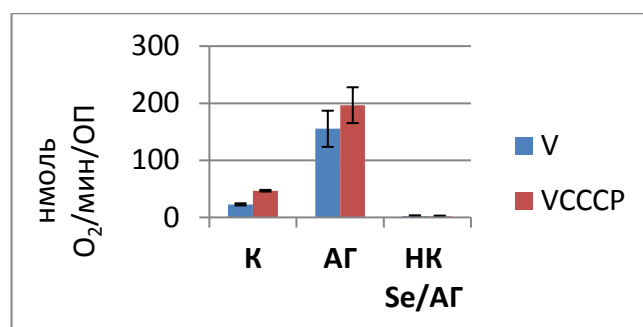


Рис.1. Жизнеспособность бактериального патогена после обработки водным раствором нанокompозита с концентрацией действующего вещества 0.00145% ( в пересчете на элементарный селен), титр бактерий  $3 \cdot 10^8$  кл/мл. Условные обозначения: V - TMRM метиловый эфир тетраметилпродамина; VCCCP карбонилцианид-м-хлорфенилгидразо; НК- нанокompозит селена и арабиногалактан; АГ-арабиногалактан.

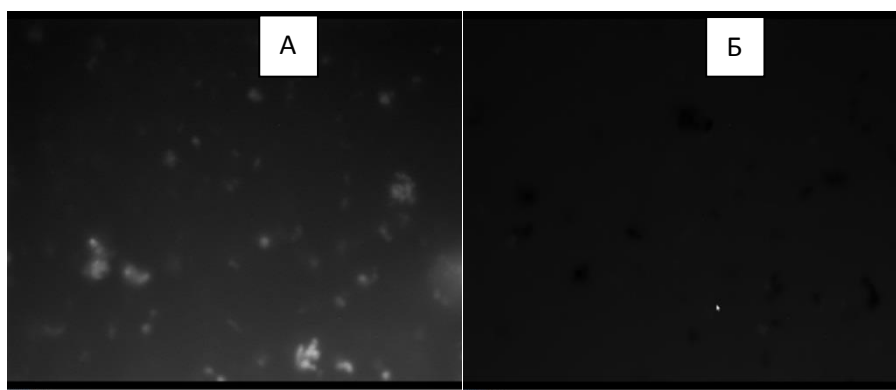


Рис.2. Флюоресценция бактериальных клеток при обработке красителем TMRM. Условные обозначения: А – контрольные клетки *Cms*, Б – клетки *Cms*, обработанные TMRM.

Статьи опубликованы в следующих журналах:

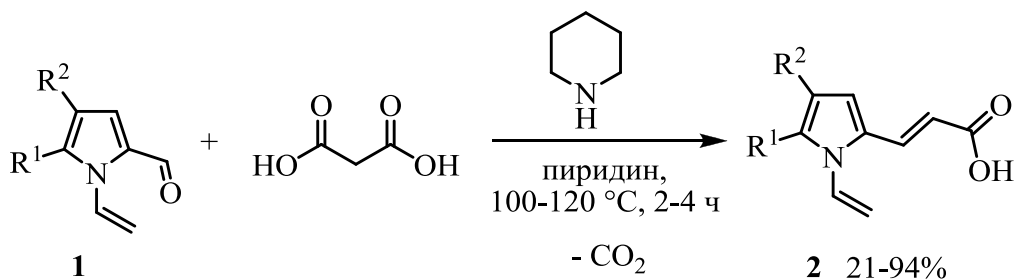
1. Перфильева А. И., Ножкина О. А., Граскова И. А., Дьякова А. В., Павлова А. Г., Александрова Г. П., Сухов Б. Г., Трофимов Б. А. Нанокompозиты селена с полисахаридными матрицами стимулируют рост картофеля *in vitro*, инфицированного возбудителем кольцевой гнили // Доклады Академии Наук. – 2019. – Т. 489, № 3. – С. 106–111. – DOI: 10.1134/S0012496619060073.
2. Граскова И. А., Перфильева А. И., Ножкина О. А., Дьякова А. В., Нурминский В. Н., Клименков И. В., Судаков Н. П., Бородин Т. М., Александрова Г. П., Лесничая М. В., Сухов Б. Г., Трофимов Б. А. Воздействие наноразмерного селена на возбудитель кольцевой гнили и картофель *in vitro* // Химия растительного сырья. – 2019. – № 3. – С. 345–354. – DOI: 10.14258/jcrpm.2019034794.
3. Ножкина О. А., Перфильева А. И., Граскова И. А., Дьякова А. В., Нурминский В. Н., Клименков И. В., Ганенко Т. В., Бородин Т. Н., Александрова Г. П., Сухов Б. Г., Трофимов Б. А. Биологическая активность нанокompозита селена, инкапсулированного в макромолекулы каррагинана, по отношению к возбудителю кольцевой гнили и растениям картофеля *in vitro* // Российские нанотехнологии. – 2019. – Т. 14, № 3. – С. 79–86. – DOI: 10.21517/1992-7223-2019-5-6-79-86.
4. Лесничая М. В., Малышева С. Ф., Белогорлова Н. А., Граскова И. А., Газизова А. В., Перфильева А. И., Ножкина О. А., Сухов Б. Г. Синтез и антимикробная активность арабиногалактан-стабилизированных наночастиц селена из бис(2-фенилэтил)диселенофосфината натрия // Известия Академии Наук. Серия химическая. – 2019. – № 12. – С. 2245–2251.



## Блок 2.2

### 1. Синтез новых производных акриловой кислоты, замещенной винилпиррольным фрагментом

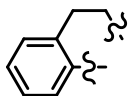
Впервые на основе реакции Кнёвенагеля непосредственно из малоновой кислоты и *N*-винилпиррол-2-карбальдегидов **1** осуществлен одnoreакторный синтез производных акриловых кислот **2**, замещенных винилпиррольным фрагментом.



R<sup>1</sup> = *n*-Pr, R<sup>2</sup> = *n*-Bu (**а**); R<sup>1</sup>-R<sup>2</sup> = (CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub> (**б**); R<sup>1</sup> = Ph, R<sup>2</sup> = H (**в**);

R<sup>1</sup> = 3-MeO-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, R<sup>2</sup> = H (**г**); R<sup>1</sup> = 2-нафтил, R<sup>2</sup> = H (**д**); R<sup>1</sup> = 2-тиенил, R<sup>2</sup> = H (**е**);

R<sup>1</sup>-R<sup>2</sup> =



(**ж**)

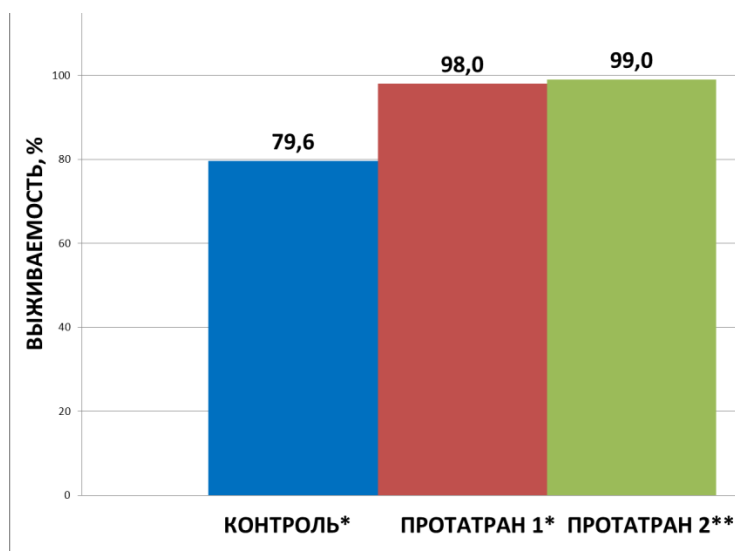
Рис. 1. Синтез новых производных акриловой кислоты, замещенной винилпиррольным фрагментом

Полученные производные пиррола являются перспективными мономерами, строительными блоками для создания высокотехнологичных материалов и перспективными биологически активными веществами, пригодными для применения в фармацевтической химии.

Автор результата от ИРИХ СО РАН: д.х.н. Иванов Андрей Викторович, к.х.н. Щербакова Виктория Сергеевна, аспирант Мартыновская Светлана Валерьевна, лаборатория непердельных гетероатомных соединений.

### 2. Исследование возможностей повышения жизнестойкости и развития эмбрионов аквакультур сиговых рыб

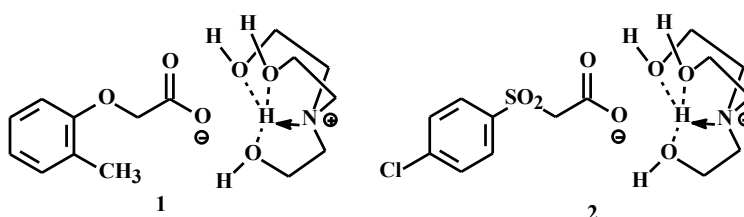
Впервые изучено применение представителей протатранов **1** и **2** в качестве стимуляторов роста ценного вида сиговых рыб - сига озерного (*Coregonus lavaretus baicalensis*) на ранних стадиях развития. Обработка икры проводилась растворами протатранов в малых концентрациях (0.0001 – 0.00001 масс. %) сразу же после оплодотворения. Лучшие показатели были отмечены в вариантах с 0.0001% раствором протатрана **2**, где выживаемость мальков была на 10.9% выше, а выход предличинок на 15.7% выше, чем в контроле. Цитологический анализ тканей мальков показал, что обработка икры протатраном **2** уменьшает частоту морфологических нарушений у сига в 1.8 раза в сравнении с контролем. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности заводского воспроизводства рыб.



Coregonus baicalensis – сиг озерный



Инкубация оплодотворенной икры в чашке Петри



\*Продолжительность инкубации 70 сут.

\*\*Для соединения 2 наблюдался выход личинок через 60 сут.

Рис. 1. Протатраны 1, 2 и их влияние на развитие икры сига озерного *Coregonus lavaretus baicalensis*

Автор результата от ЛИИ СО РАН: к.б.н., с.н.с. руководитель группы экспериментальной гидробиологии Глызина Ольга Юрьевна

### Блок 2.3

Разработан простой и удобный механохимический синтез (обработка в шаровой мельнице порошков гуминовых веществ и оксидов серебра, или селена, или теллура) водорастворимых композитов наночастиц нульвалентных серебра(0), селена(0) и теллура(0), ассоциированных с макромолекулами гуминовых веществ.

Полученные нанокompозиты проявляют дифференцированную цитотоксичность: существенно подавляют опухолевые, и, напротив, даже стимулируют, в определенном сравнимом диапазоне концентраций, рост нормальных клеток человека.

Новые нанокompозиты гуминовых веществ и серебра являются также эффективными антимикробными средствами против фитопатогена (возбуждающего кольцевую гниль картофеля): они предотвращают образование фитопатогенными бактериями высокоустойчивых к внешним воздействиям биопленок и не проявляют при этом отрицательного воздействия на саму защищаемую культуру – картофель.

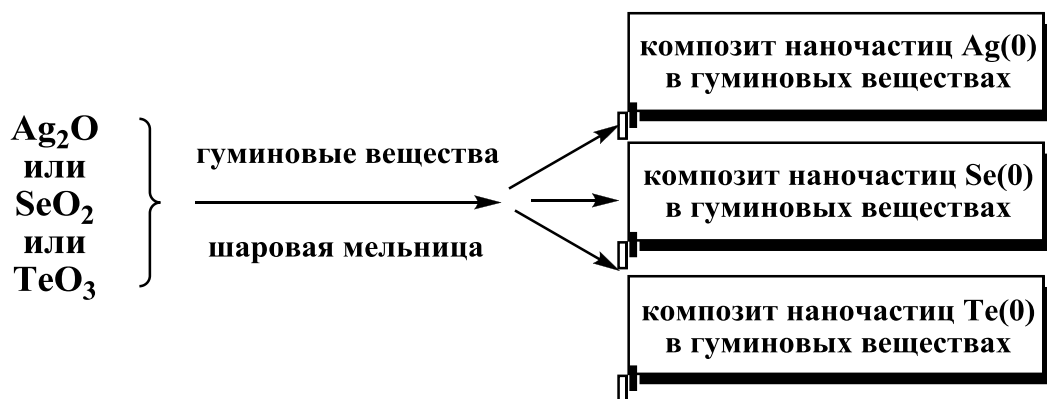


Рис. 1. Схема механохимического синтеза наночастиц серебра(0), или селена(0), или теллура(0), ассоциированных с макромолекулами гуминовых веществ.

Результат опубликован в следующей работе:

Граскова И.А., Перфильева А.И., Ножкина О.А., Дьякова А.В., Нурминский В.Н., Клименков И.В., Судаков А.П., Бородин Т.М., Александрова Г.П., Лесничая М.В., Сухов Б.Г., Трофимов Б.А. Воздействие наноразмерного селена на возбудитель кольцевой гнили и картофель *in vitro* // Химия растительного сырья. - 2019. - № 3. - С. 345–354. DOI: 10.14258/jcrpm.2019034794. Импакт фактор журнала 0.53 (Scopus).

### Блок 3.1

1. Выполнено обобщение результатов комплексных исследований донных отложений высокогорного оз. Каскадное-1 в Восточном Саяне с реконструкцией истории региональной природной среды в позднеледниковье и в голоцене. Особенности различных показателей природной среды бассейна оз. Каскадное-1 позволили выделить 5 этапов эволюции природной среды и климата этой территории за последние 14290 лет (рис. 1). Полученная запись изменений природной среды и климата на сегодняшний день является самой длительной, непрерывной, датированной записью для горной системы Восточного Саяна. Сравнение реконструированного тренда региональных климатических вариаций с изменением инсоляции в северном полушарии позволяет предполагать, что инсоляционный режим был доминирующим фактором изменения регионального климата. Полученные записи показывают высокую чувствительность высокогорных геосистем к вариациям глобального климата.

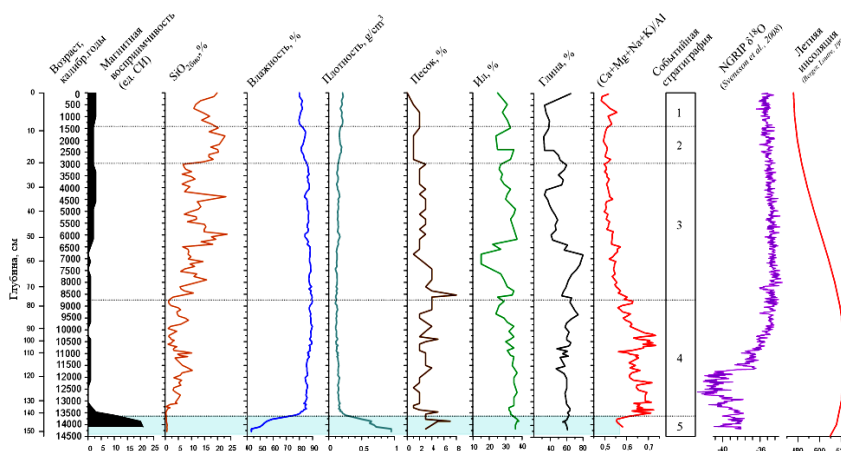


Рис. 1. Избранные индексы динамики природной среды бассейна оз. Каскадное-1 в позднеледниковье-голоцене в сравнении с индексом температуры воздуха северного полушария (NGRIP  $\delta^{18}\text{O}$ ) и уровнем летней инсоляции на  $60^\circ$  с.ш.

Результаты исследований опубликованы в статье:

Shchetnikov Alexander, Bezrukova Elena V., Lakes of the Jom-Bolok Volcanoes Valley in the East Sayan Mts., Baikal region: morphogenesis and potential for regional eoenvironmental studies // Journal of Geographical Sciences. – 2019. – Vol. 29(11). – P. 1823-1840. Импакт фактор журнала: 2.35

2. Исследовано функционирование крупной региональной Забайкальской эоловой системы. Показано, что негативное влияние эоловых процессов на жизнедеятельность человека здесь проявляется в возникновении пыльных бурь, формировании очагов движущихся сыпучих песков, в дефляционной деградации почв на пашнях и пастбищах. Выделено 5 типов ландшафтов с различной интенсивностью дефляции. Установлено, что максимальной интенсивности эоловая миграция вещества достигает на западном и восточном побережье Среднего Байкала (рис. 1) .



Рис. 1. Движущиеся пески Байкальского района: а – западное побережье острова Ольхон, б – в районе устья р. Баргузин; с – дельта р. Селенги (урочище Бараний мыс, 2018 г).

**Результаты исследований опубликованы в статье:**

Vazhenova O., Kobylkin D., Tyumentseva E. Aeolian Material Migration in Transbaikalia (Asian Russia) // Geosciences. – 2019. – Vol. 9, I. 1: 41  
<https://doi.org/10.3390/geosciences9010041>  
Импакт фактор журнала: 1,490

3.



Установлены механизмы и условия формирования карбонатных ризолитов в эоловых отложениях раннеголоценового возраста в долине р. Белой (Верхнее Приангарье), проведено сопоставление их абсолютного возраста с возрастом вмещающих их отложений. Выявлена важная роль ризолитов для понимания хронологии формирования вмещающих отложений и индикации ландшафтно-климатических условий прошлого (прежде всего, типа произраставшей растительности, особенностей ее фотосинтеза и среднегодовых температур). Исходя из данных о степени перекристаллизации первичных карбонатов в слоях ризолитов, для датирования и изотопных исследований в целях реконструкции палеоэкологических условий пригодны полностью перекристаллизованные внутренние слои новообразований.

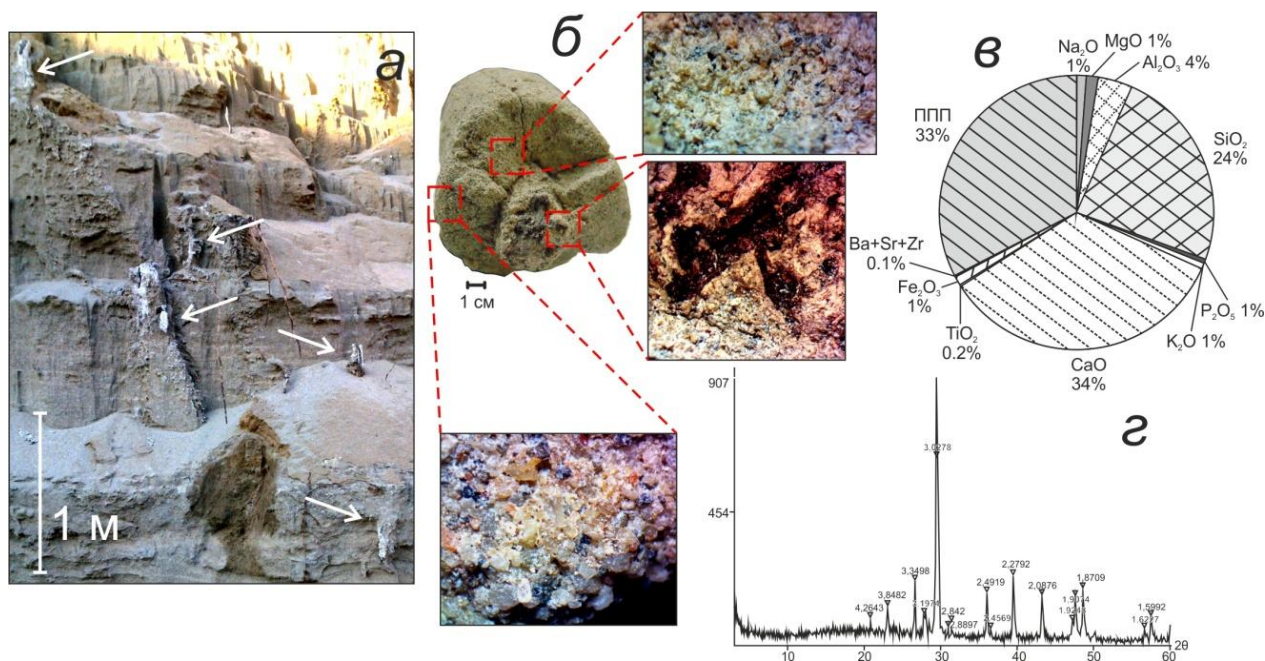


Рис. 1. Морфология карбонатных ризолитов в дюнных песках долины р. Белой (Верхнее Приангарье) (а, б), элементный (в) и минеральный состав (г) новообразований.

**Результаты исследований опубликованы в статье:**

Golubtsov V.A., Khokhlova O.S., Cherkashina A.A. Carbonate Rhizoliths in Dune Sands of the Belaya River Valley (Upper Angara Region) // Eurasian Soil Science. – 2019. – Vol. 52, № 1. – P. 83-93. Импакт фактор журнала: 0,883

**Блок 3.2**

*«Опасные геологические процессы в Байкало-Монгольском регионе на территориях активного природопользования: сопоставление, оценка, прогноз»*

На качественно новом, современном инструментальном уровне оценен ключевой ряд параметров, характеризующих сейсмическую активность, опасные экзогенные явления, современные движения земной коры, интенсивные деформации породного массива, радиоактивные эманации и другие проявления опасных геологических процессов в Байкало-Монгольском регионе. Для ряда геолого-геофизических параметров и полей оценены перспективы их использования с целью выявления предвестников сильных землетрясений в Прибайкалье. Обобщены исследования по оценке радоноопасности подземных вод в Южном Прибайкалье и показано, что вариации содержания радиоактивного газа имеют колебательный характер (рис. 1). На основе пятилетнего ряда

ежемесячных измерений установлен генеральный тренд колебаний, определяющийся в основном метеорологическими факторами. Он может быть использован в качестве основы для поиска эманационных предвестников сильных землетрясений в регионе.

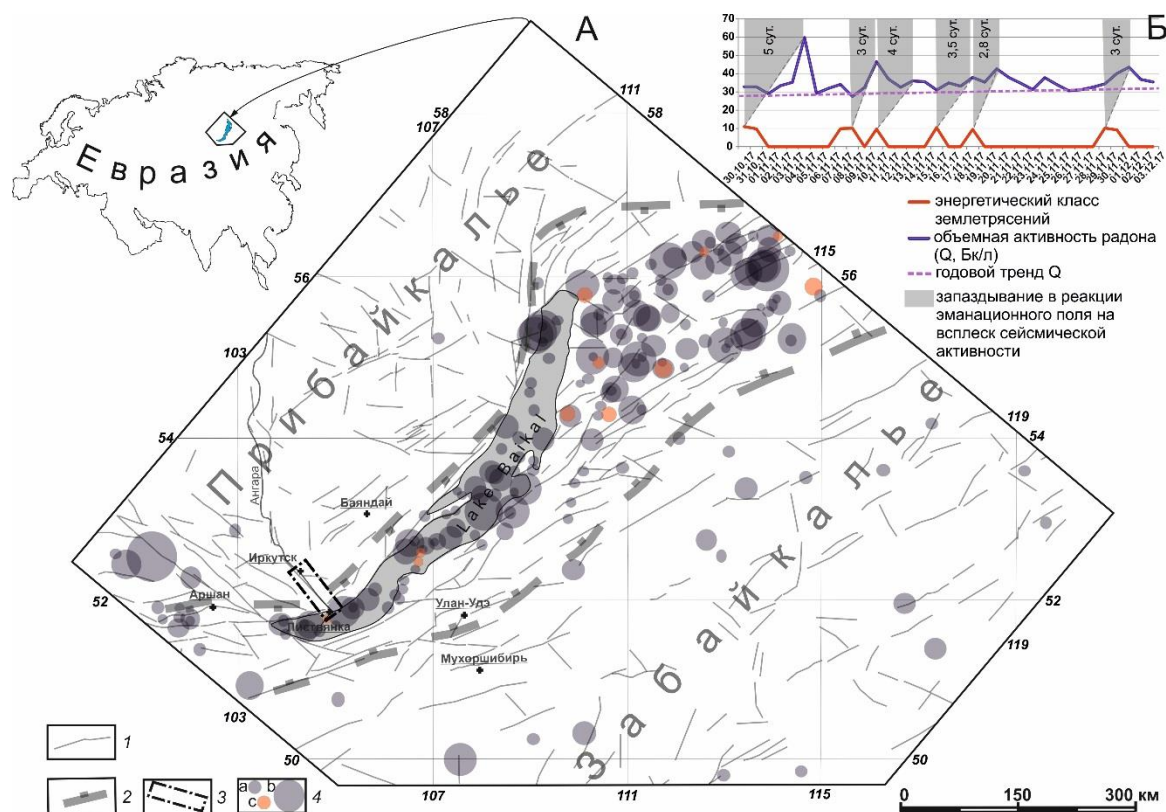


Рис. 1. Участок мониторингового опробования подземных вод и эпицентры землетрясений на схеме разломов Байкальского региона (А), а также график флуктуаций объемной активности радона в одном из источников подземных вод в сравнении с графиком сейсмической активности (Б).

1 – разломы; 2 – границы Байкальского рифта; 3 – участок мониторинга; 4 – эпицентры землетрясений различного энергетического класса от 10 (а) до 15 (б), произошедшие в период 2012-2019гг, (с) – землетрясения, произошедшие за период месячного ежесуточного мониторинга.

Результат опубликован в статье:

Seminsky K.Zh., Seminsky A.K. Radon concentration in groundwater sources of the Baikal region (East Siberia, Russia) // Applied Geochemistry. 111 (2019) 104446. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104446>.

Импакт-фактор журнала – 3,2.

#### Блок 4.1.1

В ходе исследований была проведена комплексная оценка гидрогеологических условий поселка Листвянка, качество подземных и поверхностных вод, определение расширенного числа показателей качества подземных вод (анализ макрокомпонентов, определение pH, удельного веса и минерализации вод, а также методом ИСП-МС выполнялись прецизионные определения содержаний 37 элементов состава подземных вод. В результате определен перечень водопунктов наиболее перспективных для организации режимной сети мониторинга водных объектов (муниципальных и частных колодцев и скважин).

Установлено, что наиболее значимыми поллютантами, которые можно использовать как маркеры качества подземных вод при организации мониторинга могут быть нитраты,

аммоний, фосфор. Концентрации нитратов и аммония существенно превышают значения ПДК, установленные СанПин для питьевых вод, рисунок 1.

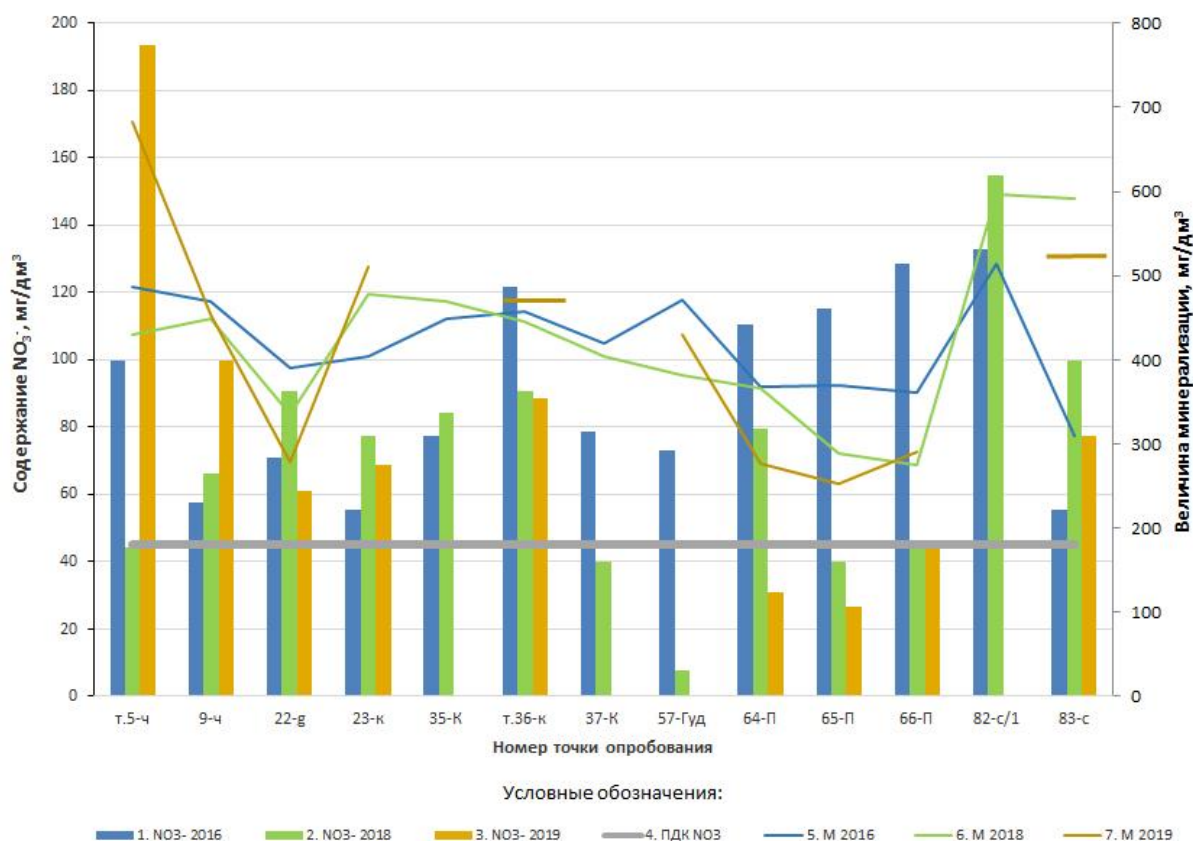


Рис. 1. Изменение концентрации нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ) в подземных водах грунтового водоносного горизонта в районе пос. Листвянка (2016-2019 гг.)  
 Условные обозначения: концентрация  $\text{NO}_3^-$ , мг/дм³: 1 - 2016 г, 2 - 2018 г, 3 - 2019 г; 4 – значение ПДК  $\text{NO}_3^-$ , мг/дм³; минерализация подземных вод, мг/дм³: 5 - 2016 г, 6 - 2018 г, 3 - 2019 г.

Содержание фосфатов (в пересчете фосфора на  $\text{PO}_4^{2-}$ ) не превышает допустимых норм для питьевой воды, но его концентрации являются крайне высокими для олиготрофных водоёмов (существенно превышают ПДК от 4 до 24 раз). рисунок 2.

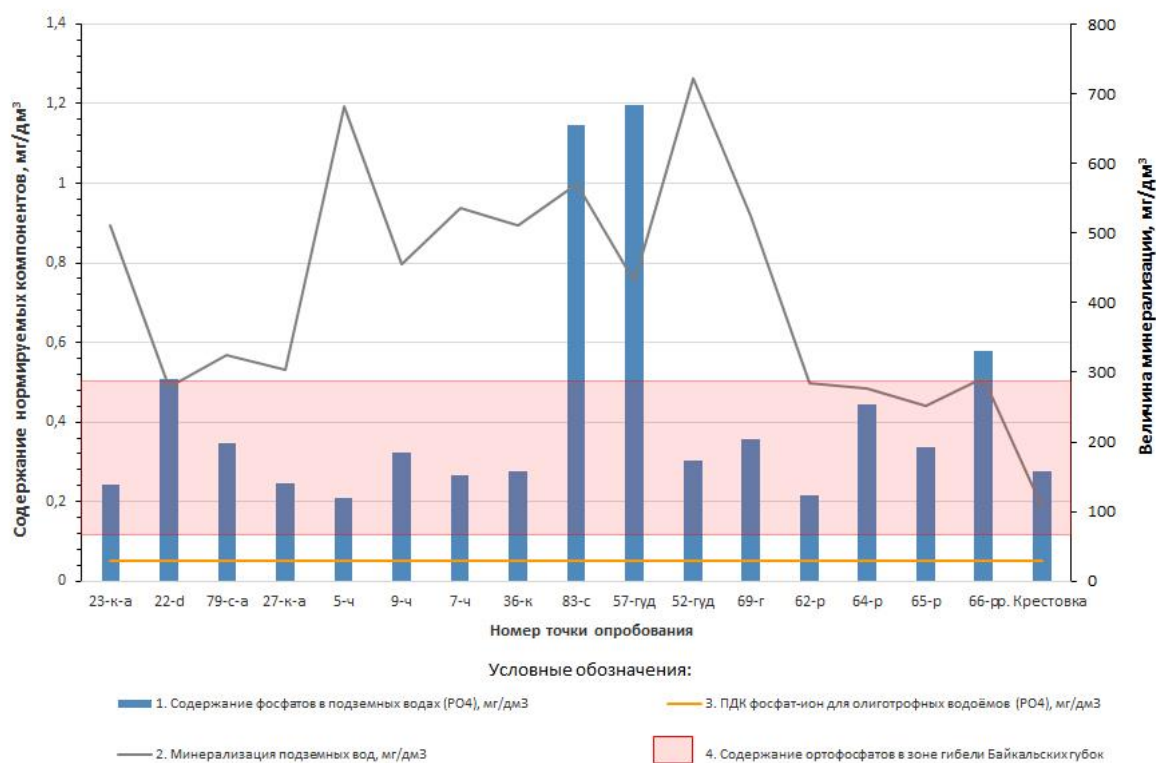


Рис. 2. Содержание в подземных водах грунтового водоносного горизонта в районе пос. Листвянка в сравнении со значениями ПДК для олиготрофных водоёмов

Полученные данные свидетельствуют о том, что загрязненные грунтовые воды путем субаквальной разгрузки могли обеспечить условия для активизации процессов эвтрофикации мелководной и заплесковой зон озера Байкал и развития экологического кризиса в прибрежной зоне озера.

Для проведения дальнейших исследований, целью которых является организация системы автоматизированного мониторинга водных объектов подземной гидросферы, а также качества воды литоральной зоны озера Байкал, установлены необходимые параметры наблюдений. Для каждого параметра подобраны автономные устройства, обеспечивающие непрерывный сбор данных, беспроводные способы передачи данных, автоматизированные алгоритмы обработки данных.

Результат опубликован в статьях:

Moiseeva N.A., Efimova T.A., Churilova T.Ya., Makarov M.M., Gnatovsky R.Yu. Influence of solar radiation on chlorophyll a concentration assessment using fluorescence measured by the submersible sensor in Lake Baikal // *Limnology and Freshwater Biology* 2019 (4): 281-285 DOI:10.31951/2658-3518-2019-A-4-281

Макаров М.М., Кучер К.М., Асламов И.А., Петров И.А. Система мониторинга гидрофизических и гидрохимических параметров озера Байкал // *International Journal of applied and fundamental research*. – 2018. – № 12. – С. 120-124. (Scopus статья не вошла в отчет 2018 г.)

#### Блок 4.1.2

В ИАС комплексного мониторинга озерных экологических систем реализован прототип каталога WPS сервисов предобработки и обработки тематических и пространственных данных (рис 1). Каталог предоставляет интерфейс для регистрации, поиска и запуска сервисов. Для удобства и корректности заполнения информации о регистрируемых сервисах была разработана специальная форма. Каждый сервис в каталоге задается параметрами: имя, тип сервиса (WPS, REST и т.д.), список вычислительных узлов,



на которых данный сервис может выполняться. При указании сетевого адреса вычислительного узла система автоматически опрашивает, какие сервисы данный узел предоставляет (получение информации о поддерживаемых сервисах осуществляется с помощью специальных команд соответствующих стандартов, например GetCapabilities у стандарта WPS). Для каждого параметра сервиса пользователем указывается используемый элемент управления ввода данных и специфичная для способа дополнительная информация (система элементов управления является частью геопортала).

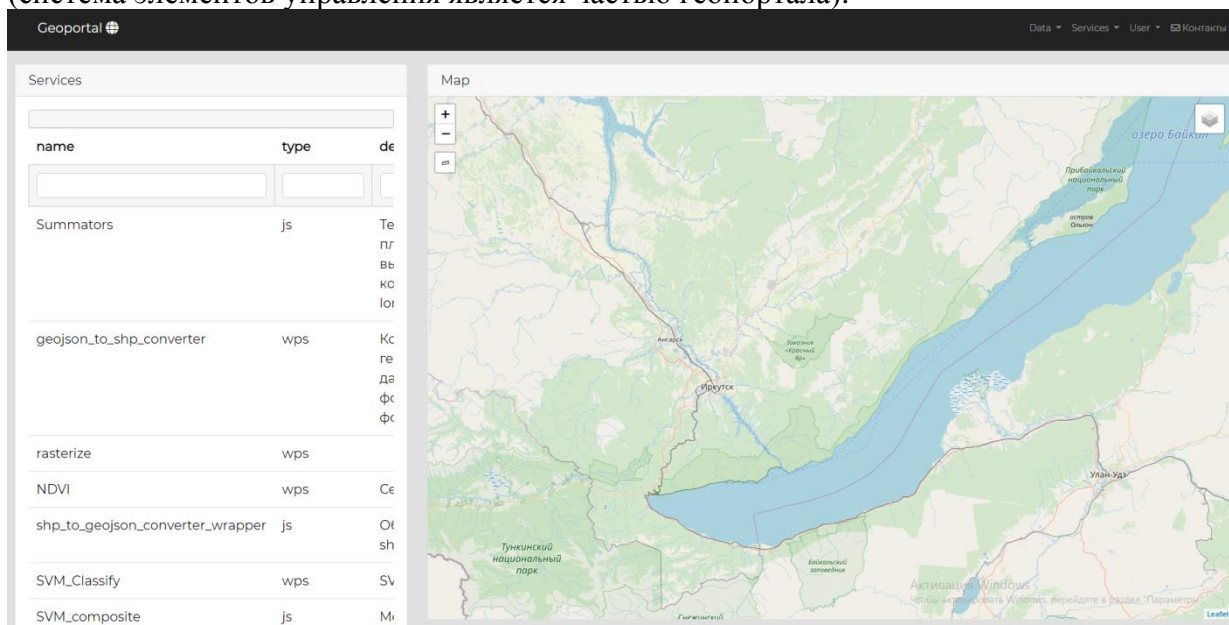


Рис. 1. Каталог сервисов

Каталог позволяет пользователю произвести поиск сервиса по его названию, описанию, типу сервиса. В каталоге найденный сервис может быть запущен. При его запуске загружается описание параметров сервиса, и формируется форма ввода входных и выходных параметров. Для каждого входного параметра каталог создает элемент управления, с помощью которого будут вводиться параметры для данного сервиса.

Статья опубликована в следующей работе:

Бычков И.В., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е., Фёдоров Р.К., Маджара Т.И. Цифровой мониторинг экосистемы озера Байкал [Текст]//Труды всероссийской конференции с международным участием Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов. Бердск. 26-30 августа 2019. С. 8-14.

### Блок 4.1.3

Доказана идентичность спектрально-кинетических характеристик люминесценции, возбуждаемой в природных алмазах рентгеновским излучением и специальным оптическим излучением. Данный результат служит обоснованием необходимости постановки прикладных НИОКР, направленных на выявление возможностей модернизации технологий люминесцентной сепарации алмазосодержащих руд. В Комплексном отделе сепараторов Инновационного центра «Буревестник» компании «АЛРОСА» проведены сравнительные испытания систем традиционного рентгеновского и предлагаемого оптического возбуждения люминесценции в алмазе. По итогам проведенных испытаний на заседании Научно-технической секции №1 «Рентгеновские сепараторы» ИЦ «Буревестник», принято решение о необходимости патентовании нового способа сепарации. Иркутскому филиалу Института лазерной физики СО РАН поручено провести макетирование разработки.

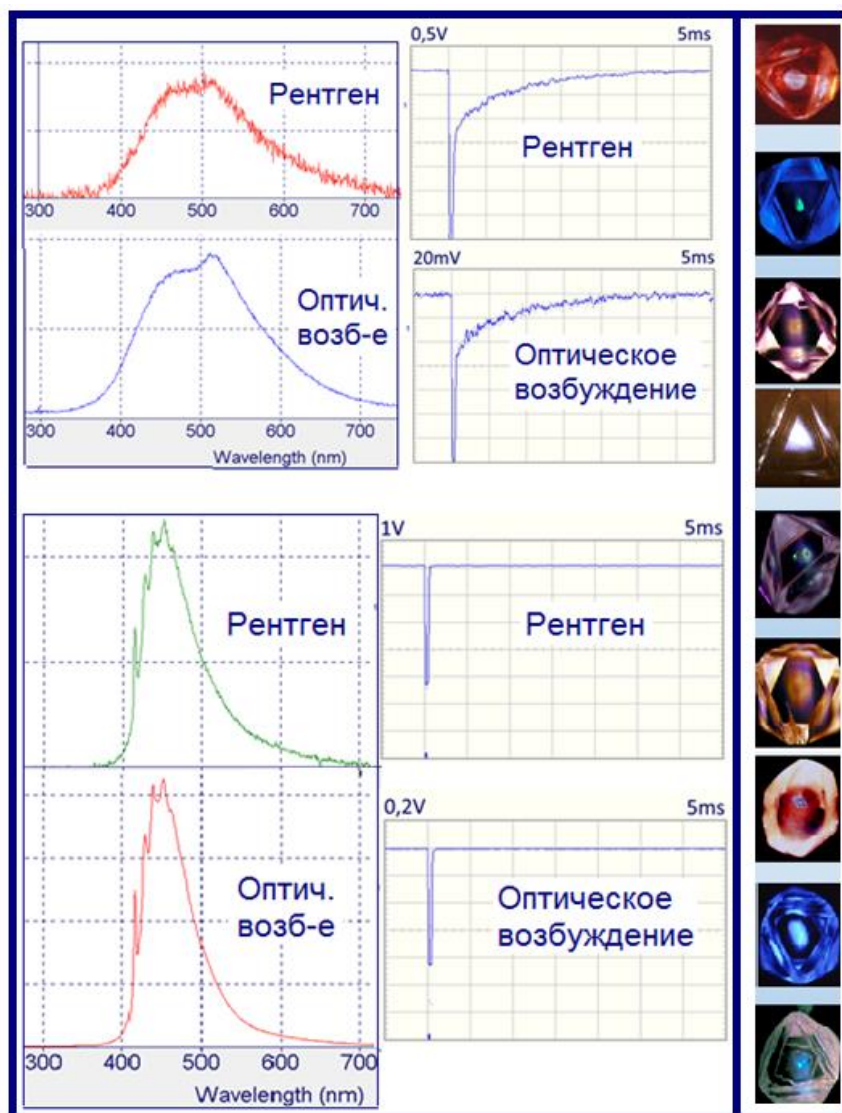


Рис. Сопоставление спектров и формы ответных импульсов люминесценции двух различных образцов алмаза при возбуждении рентгеновскими и оптическими импульсами излучения.

## Блок 4.2

### Основной результат № 1:

Реализован прототип веб-ориентированной информационно-аналитической инфраструктуры для поддержки исследования микробиома оз. Байкал и курирования больших объемов данных высокопроизводительного секвенирования.

Проведено совершенствование структуры знаний инструментальных средств анализа исходного кода пакета программ «Mothur» и синтеза модулей визуального проектирования «Rapidminer Studio», представляющих собой процедуры анализа данных NGS в виде визуальных функциональных блоков (рис. 1). Произошло продвижение в плане более глубокого анализа кода с целью выявления процедур Mothur, отвечающих за структуру выходных данных. Усовершенствованы правила синтеза кода визуальных блоков для новых версий Mothur. Результаты анализа позволяют сокращать количество вариантов использования визуальных блоков в модели NGS, что значительно упрощает работу исследователю. Интерфейс пользователя «Rapidminer Studio» настраивается в соответствии со структурой решаемой задачи, он становится адаптивным к решаемой задаче и является в определенной степени интеллектуальным.

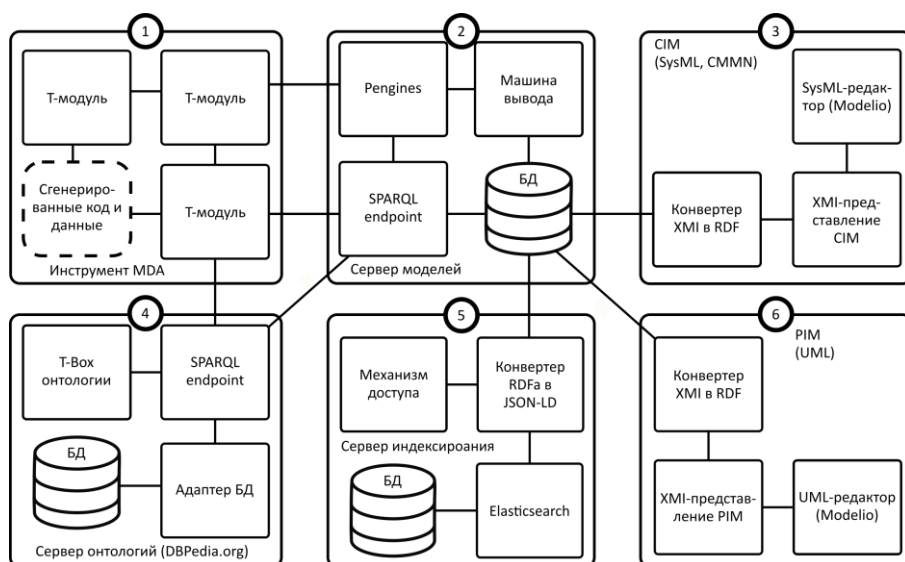


Рис. 1. Архитектура средств анализа интерфейса «Mothur» и синтеза модулей «Rapidminer Studio».

-патенты и свидетельства государственной регистрации

1. Малков Ф.С., Шигаров А.О., Лихошвай Е.В., Черкашин Е.А., Христюк В.В., Морозов А.А., Михайлов И.С., Галачьянц Ю.П. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019613947 от 26 марта 2019 г. «Программное средство поддержки исследования микробиома оз. Байкал».

- перечень статей, опубликованных / сданных в печать (WoS, Scopus)

1. Cherkashin E., Shigarov A., Malkov F., Morozov A. An Instrumental Environment for Metagenomic Analysis // Information Technologies in the Research of Biodiversity. 2019. pp. 151-158. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11720-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11720-7_20). Scopus
2. Cherkashin E., Shigarov A., Paramonov V. Representation of MDA Transformation with Logical Objects // Proc. 7th Int. Conf. on Knowledge, Ontology, and Theory. (сдано в печать, ожидается издание в IEEE Xplore Digital Library с индексацией WoS).

*Основной результат № 2:*

На основе анализа степени вариабельности последовательностей нуклеотидов разных петель гена 18S рРНК рекомендовано использовать регион V4 для определения ранга вида и рода, а регион V9 – для разделения таксонов более высокого ранга.

Одним из современных методов для оценки таксономического разнообразия сообществ микроэукариотических организмов стал метабаркодинг с применением секвенирования ампликонов фрагментов гена 18S рРНК с помощью NGS-технологий. В работе впервые проводится сравнительный анализ разрешающей способности двух регионов гена 18S рРНК – V4 и V9 для идентификации эукариотических организмов на различных таксономических уровнях. Установлено, что регион V4 отличается большей вариабельностью нуклеотидных последовательностей, чем регион V9 (рис. 2). В результате этого регион V4 при разделении таксонов высокого ранга может давать сбои из-за эффекта насыщения заменами сравниваемых нуклеотидных последовательностей. Регион V9 при этом дает приближенный к общепринятой систематике результат разделения таксонов высокого ранга. Регион V4 может использоваться для более эффективно выделения группы ранга вида и рода. Полученные результаты необходимо учитывать при мониторинге сообществ микроэукариотических организмов в любых экосистемах.

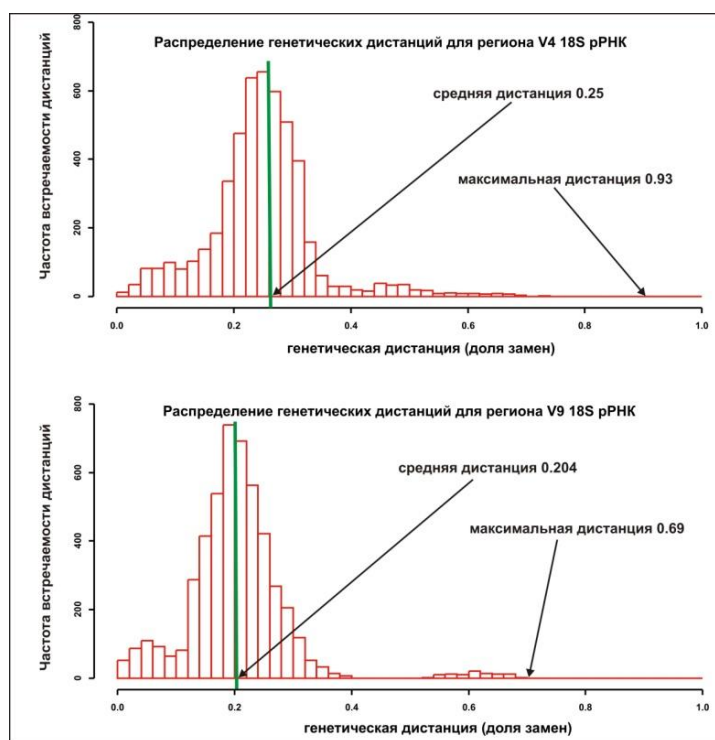


Рис. 2. Гистограммы распределения генетических дистанций, построенный для наборов последовательностей ДНК расшифрованных ампликонов регионов V4 и V9 18S рРНК полученных при исследовании сообществ микроэукариотических организмов оз. Байкал.

Перечень статей, опубликованных / сданных в печать (WoS, Scopus):

1. Bukin Yu.S, Galachyants Yu.P., Morozov I.V., Bukin S.V., Zakharenko A.S., Zemskaya T.I. The effect of 16S rRNA region choice on bacterial community metabarcoding results // SCIENTIFIC DATA | 6:190007 | <https://doi.org/10.1038/sdata.2019.7> WoS Q1

Основной результат № 3:

Впервые с помощью высокопроизводительного секвенирования выявлена сезонная динамика сообществ бактерий и одноклеточных эукариот озера Байкал и показана их взаимосвязь с физико-химическими параметрами среды обитания.

Определена динамика 70 бактериальных операционных таксономических единиц (ОТЕ) и 80 ОТЕ одноклеточных эукариот в восьми временных точках при анализе фрагментов генов 16S рРНК и 18S рРНК, полученных с помощью NGS. Установлено, что доминирующие таксоны одноклеточных эукариот сменяются в более короткий интервал времени (рис. 3а), чем доминирующие бактериальные (рис. 3б). С помощью статистического анализа выявлено, что сообщества бактерий и одноклеточных эукариот кластеризуются по сезонам и имеют значимую взаимосвязь с температурой, концентрациями кремния и нитратов (рис. 3 с, d). Полученные результаты важны для понимания изменений во времени структуры основных участников биогеохимических циклов экосистемы озера Байкал – бактерий и одноклеточных эукариот под действием абиотических факторов среды.



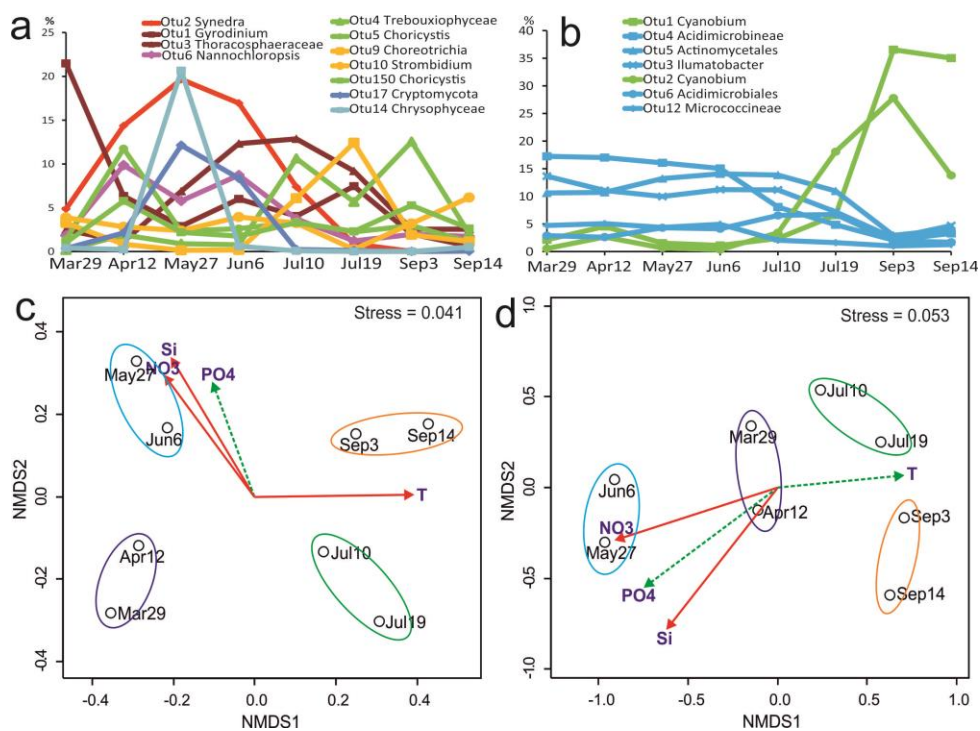


Рис. 3. Динамика доминирующих ОТЕ одноклеточных эукариот (а) и доминирующих бактериальных ОТЕ (b); NMDS biplots, показывающие взаимосвязь параметров среды с сообществами одноклеточных эукариот (с), и бактерий (d) в фотическом слое озера Байкал. Для с, d: красные вектора показывают значимые параметры среды; овалы показывают сезоны: синий – начало весны, голубой – конец весны, зеленый – лето, оранжевый – осень.

Перечень статей, опубликованных в печать (WoS, Scopus):

1. Mikhailov I.S., Bukin Y.S., Zakharova Y.R., Usoltseva M.V., Galachyants Y.P., Sakirko M.V., Blinov V.V., Likhoshway Y.V. Co-occurrence patterns between phytoplankton and bacterioplankton across the pelagic zone of Lake Baikal during spring // Journal of Microbiology. – 2019. – Vol. 57, No 4. – P. 252-262. WoS Q2
2. Mikhailov I.S., Galachyants Y.P., Bukin Y.S., Zakharova Y.R., Petrova D.P., Bashenkhaeva M.V., Sakirko M.V., Titova L.A., Likhoshway Y.V. Seasonal succession of bacterial and unicellular eukaryotic communities in Lake Baikal.– на 24.10.2019 подготовлена к печати в Microbial Ecology (WoS Q1).