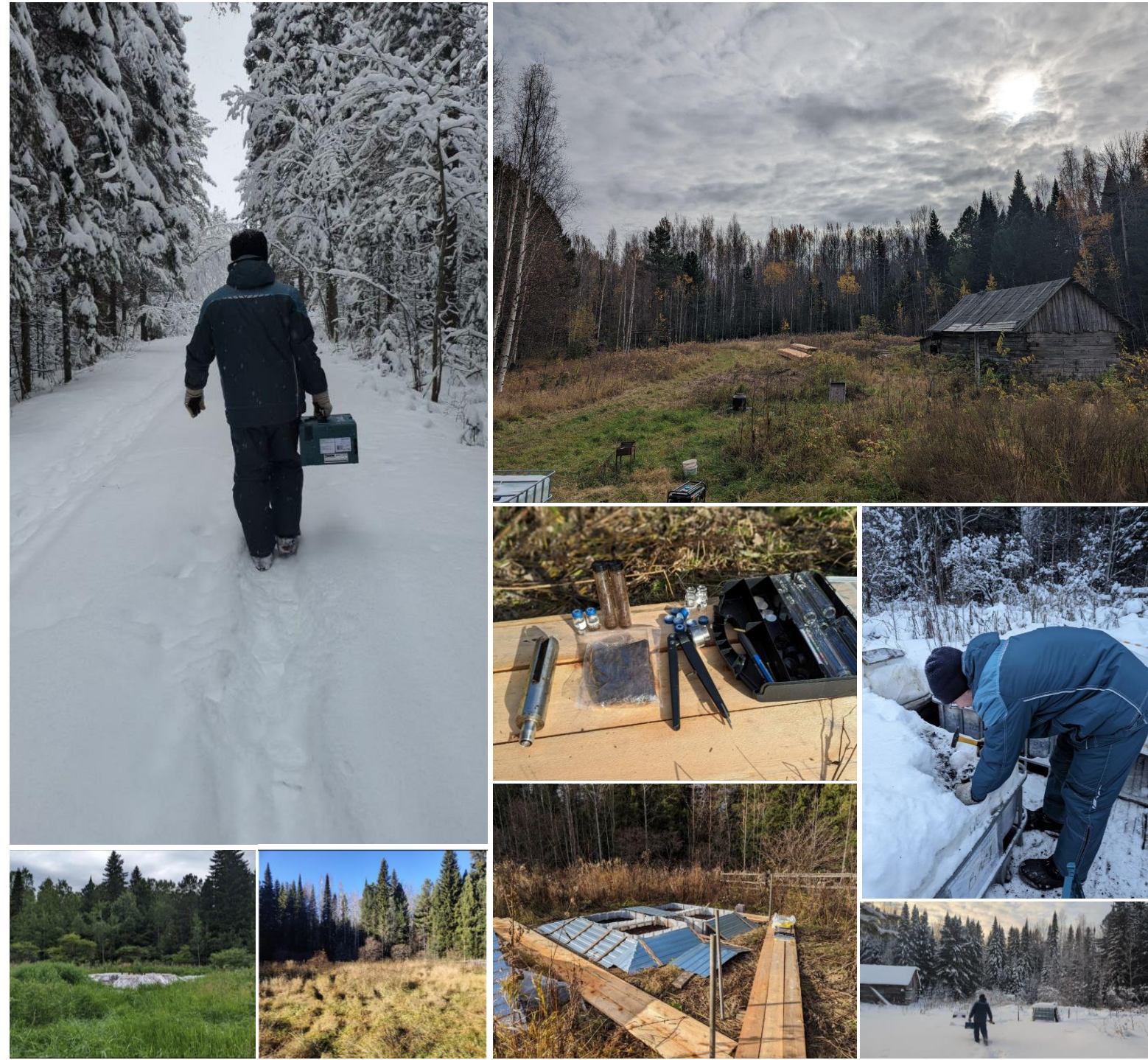


# «ИЗУЧЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА»

Бутырин Р. И.<sup>1,2</sup>, Алиев А. Э.<sup>1</sup>, Кульков М. Г.<sup>1</sup>, Салахидинова Г. Т.<sup>1,2</sup>, Швецова Л. С.<sup>1,2</sup>, Бабенко А. А.<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпилемана», Ханты-Мансийск  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Ханты-Мансийск  
 E-mail: [butyrinroman@mail.ru](mailto:butyrinroman@mail.ru)



## ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазовый сектор региона ХМАО-Югра имеет стратегическое значение для страны и играет ключевую роль в социально-экономическом развитии региона, однако стоит отметить, что ресурсная специфика территории, географические и климатические особенности, а также развитие промышленного сектора определяют и основные экологические проблемы региона: загрязнение водных объектов и земель, загрязнение атмосферного воздуха, проблемы утилизации отходов, трансформация среды обитания животного и растительного мира под действием антропогенных факторов.

На январь 2024 в автономном округе зарегистрировано 577 лицензионных участков недр с целью разведки и добычи углеводородного сырья. На этих территориях в реестр по состоянию январь 2024 внесено 8018 загрязненных участков площадью 1394,85 га, из них:

- 5467 участков площадью 1134,02 га, загрязненных нефтью и нефтепродуктами (81,3 % от всей площади);
- 2451 участок площадью 254,89 га, загрязненных подтоварной водой (18,2 % от всей площади);
- 100 участков общей площадью 5,93 га, загрязненных газовым конденсатом (0,4 % от всей площади)

В округе сохраняется отрицательная динамика по соотношению рекультивированных земель и образованных от загрязнения нефтью, нефтепродуктами, газовым конденсатом и подтоварной водой. По информации о состоянии аварийности на нефтепромысловых трубопроводах на территории региона в 2023 году зарегистрировано 1 486 (инцидентов, связанных с добычей углеводородного сырья. Общая масса загрязнений в результате инцидентов только в 2023 году составила около 3,2 тонн, общая площадь загрязнения – 48,165 га

Эти данные показывают, что для региона в силу того, что в основе его экологических проблем лежит развитие нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности важными и актуальными являются исследования по изучению процесса трансформации нефти и продуктов ее переработки после попадания в объекты окружающей среды.

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основная цель работы - наблюдение, описание и выявление закономерностей процессов трансформации состава компонентов нефтяного загрязнения в ходе его естественной деградации на групповом и молекулярном уровнях.

Для реализации цели поставленной в рамках данной работы и для обеспечения климатических условий максимально приближенных к естественным были поставлены следующие задачи:

- Подготовка опытного полигона на открытой местности, для обеспечения климатических условий максимально приближенных к естественным
- Проведение серии экспериментов с модельными разливами;
- Лабораторные исследования;
- Накопление аналитического материала и его комплексная интерпретация по завершению серии экспериментов.

Эксперимент с модельными разливами был разделен на несколько этапов. I этап начал осенью 2022 г., на данном этапе разлив был произведен в один бокс для наблюдения за трансформацией нефтезагрязнения в естественных условиях. На II этапе был произведен разлив сразу в четыре бокса, один также для наблюдений в естественных условиях, а в три другие были внесены добавки в виде биопрепарата нефтедеструктора и комплексных азотно-фосфорно-калийные удобрений чтобы оценить возможности и перспективу применения такого метода ремедиации нефтезагрязненных территорий в климатических условиях северного региона.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

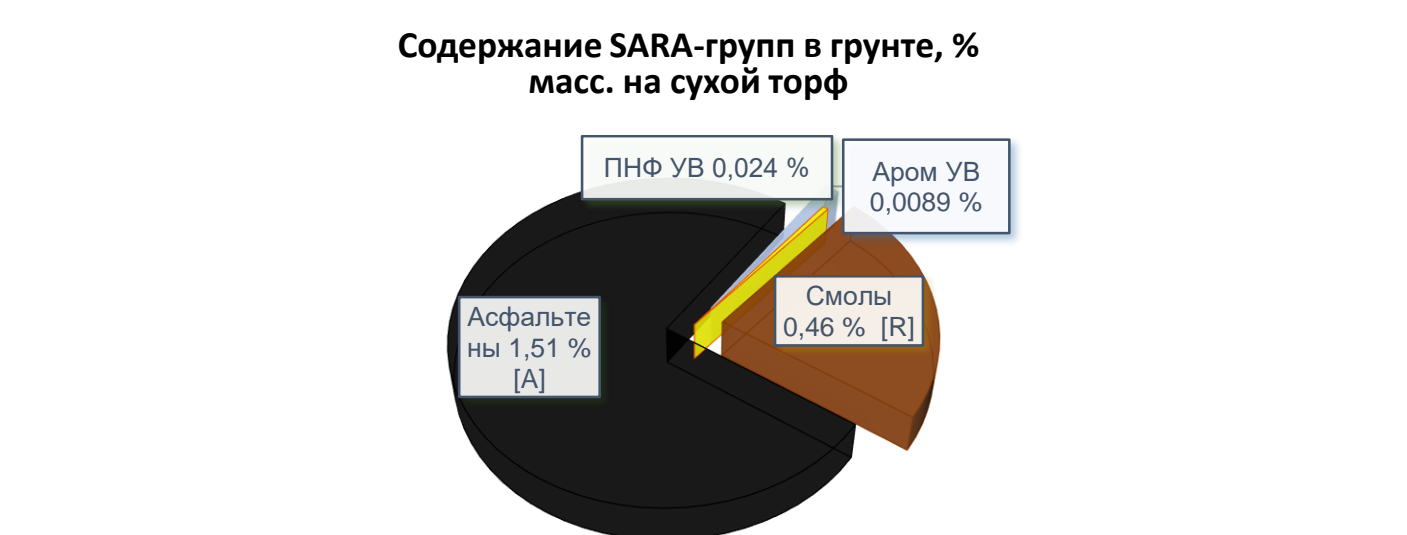
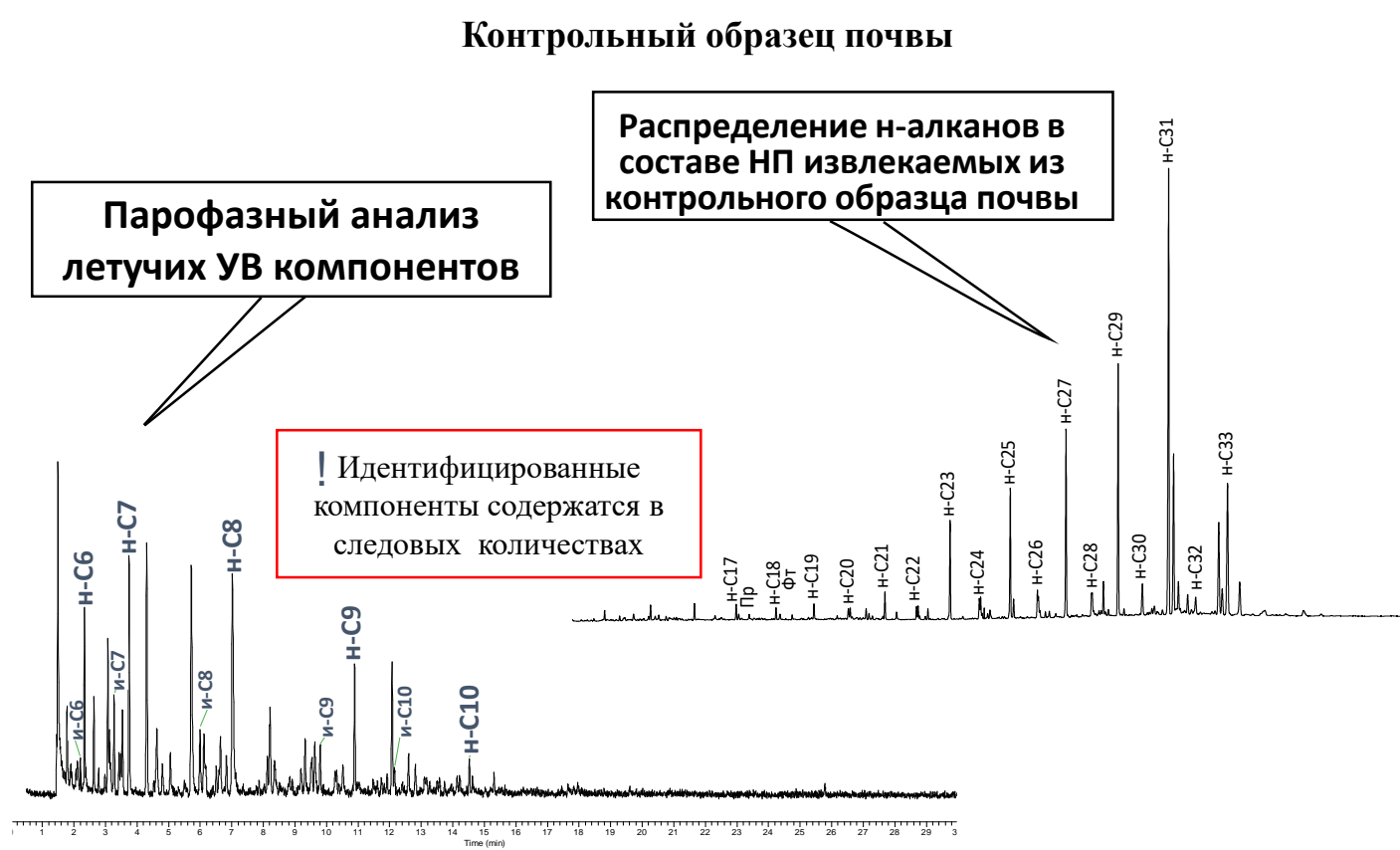
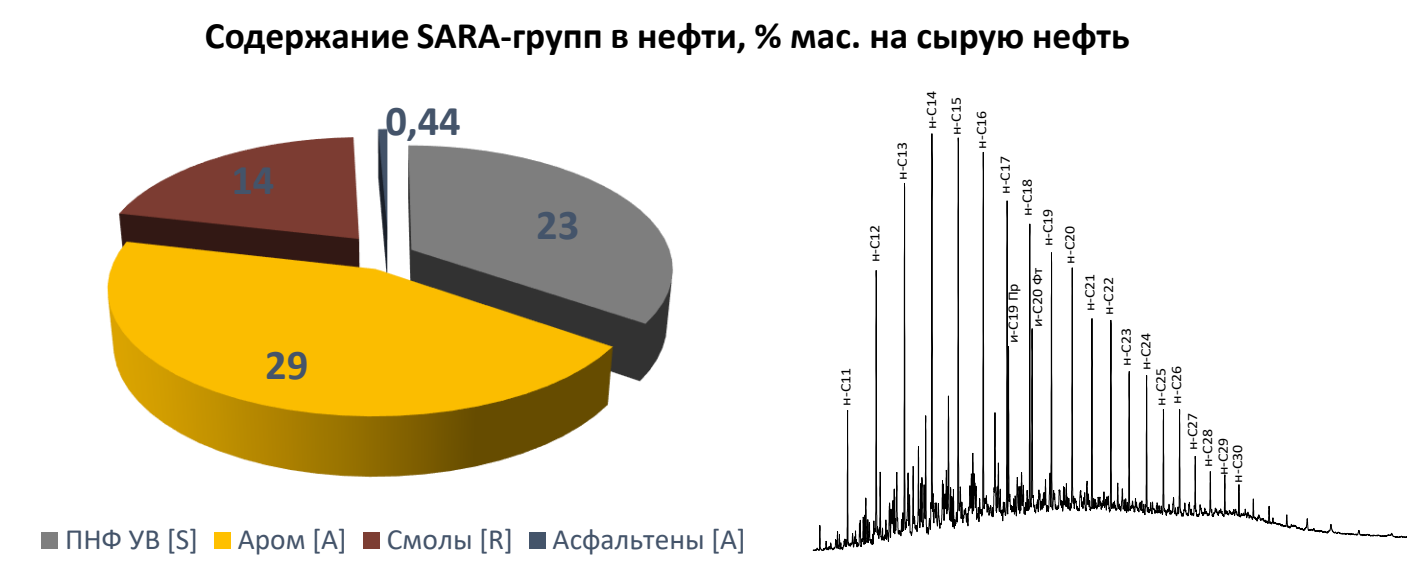
Предварительно перед разливом был исследован образец нефти для оценки физико-химических и молекулярных параметров источника загрязнения, чтобы в дальнейшем оценить динамику изменения его состава. Также предварительно были отобраны образцы торфяной почвы с целью оценки фонового уровня содержания УВ.

### Основные физико-химические параметры нефти Приобского м/р

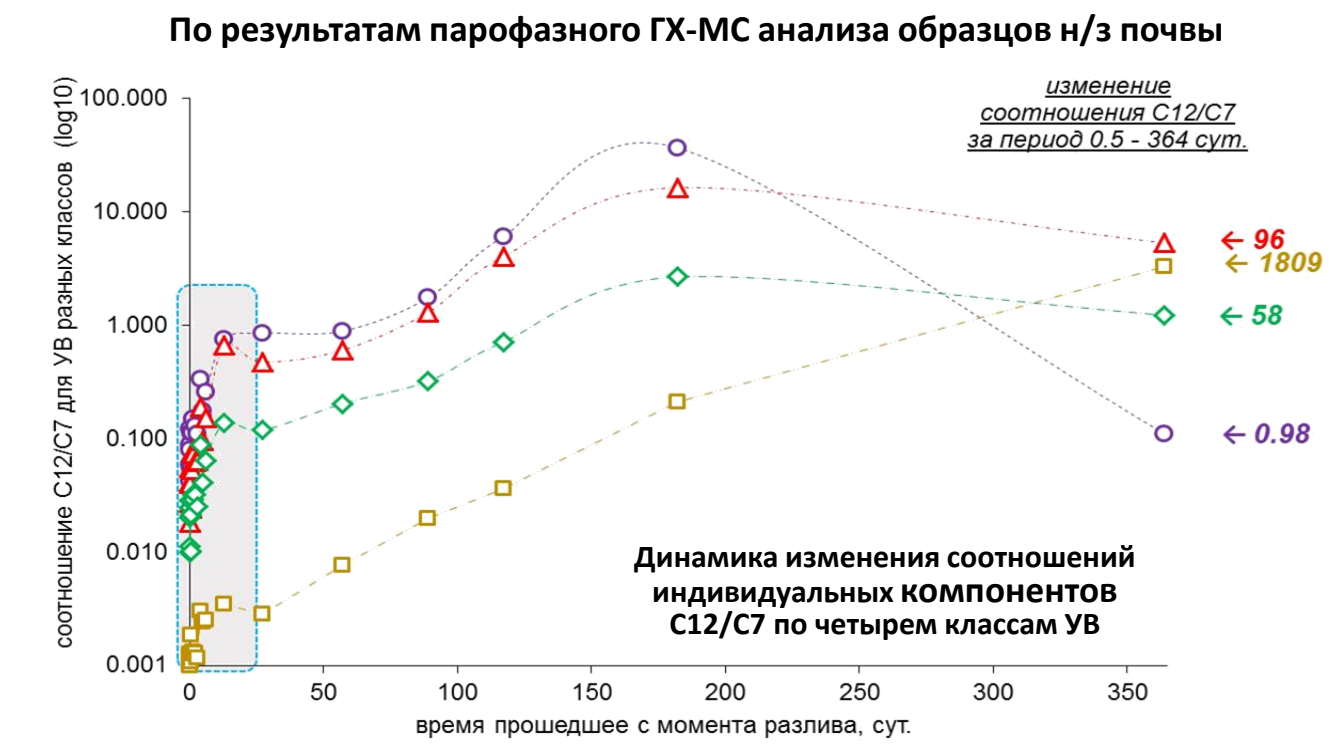
| Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup> | Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с | Динамическая вязкость при 20 °С, мПа·с | Молекулярная масса, г/моль |
|--|---|--|----------------------------|
| 0,8656                                 | 13,855  | 11,993                                 | 242,61                     |

| Содержание топливных фракций, % мас. на сырую нефть |                          |                                    |                   |
|---|--------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Бензиновая (до 200 °С)                              | Керосиновая (200-300 °С) | Масляная и газойлевая (300-500 °С) | Остаток (500 °С+) |
| 21,0  | 15,4                     | 29,3                               | 34,3              |



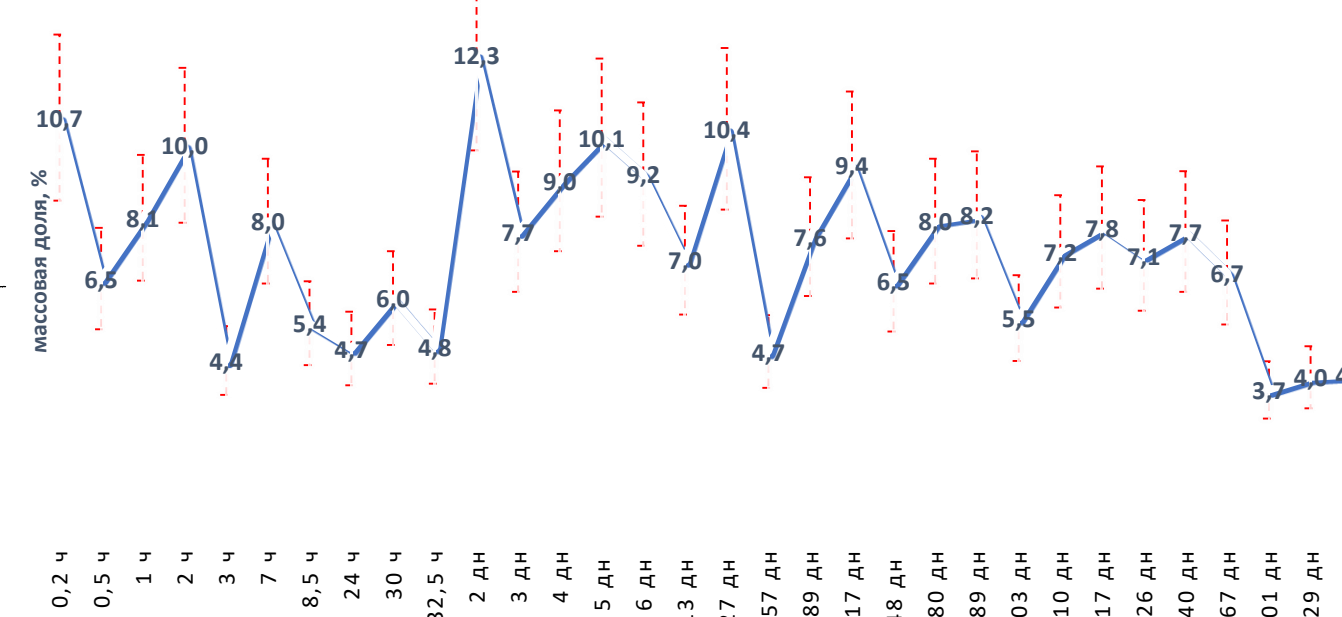
## Мониторинг динамики соотношений индивидуальных УВ C12/C7 по четырем классам



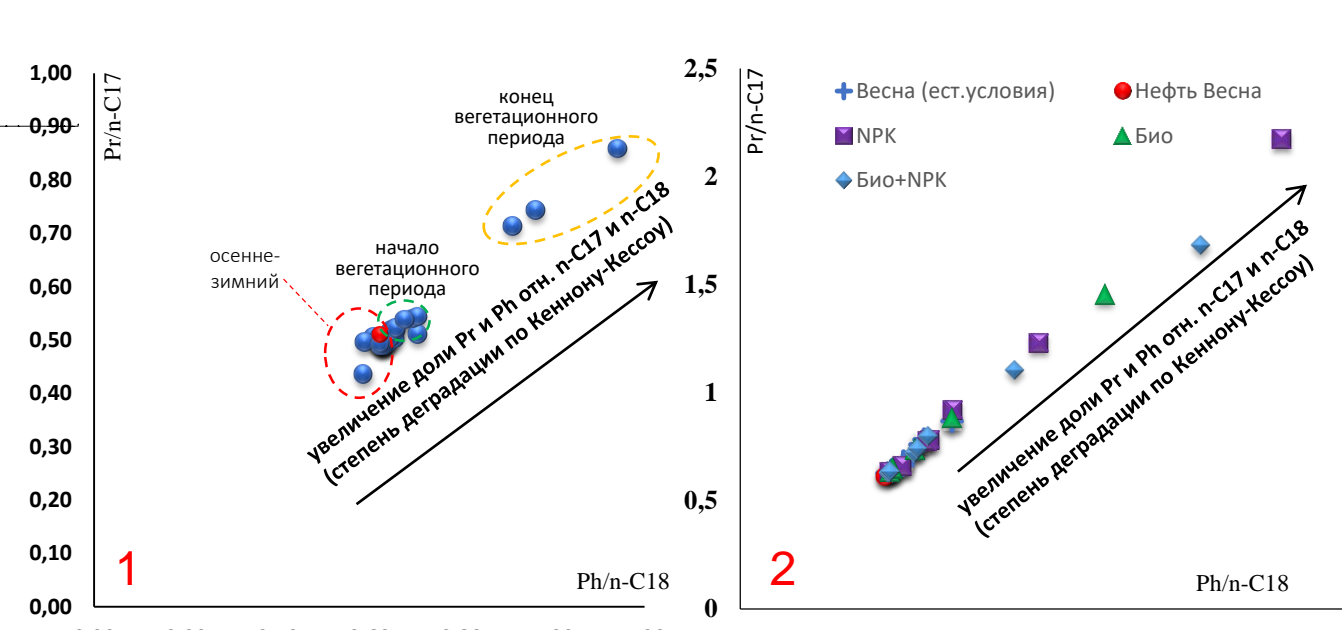
○ (нормальные алканы) n-C12/n-C7  
 △ (изо-алканы) i-C12/i-C7  
 ◇ (циклогексаны) c-C12/c-C7  
 □ (ароматические) n-АБ12/толуол

По результатам наблюдения за динамикой изменений в составе «летучих» соединений можно отметить, что на «легкий» компонент относительно его менее «летучего» гомолога, факторы деградации оказывали влияние и в осенне-зимний период, несмотря на отрицательные температуры и снежный покров. Дальнейшая обратная динамика объясняется тем, что как раз на этот момент приходится конец весеннего периода, сход снежного покрова и отмечен значительный рост среднесуточных температур окр.среды, что и обуславливает деградацию C12 компонента, и в особенности додекана. Исключением здесь стали аром УВ, где тренд на уменьшение доли толуола (C7) сохраняется, однако на алкилбензол (C12) даже по прошествии одного года известные факторы деградации не оказали значительного влияния.

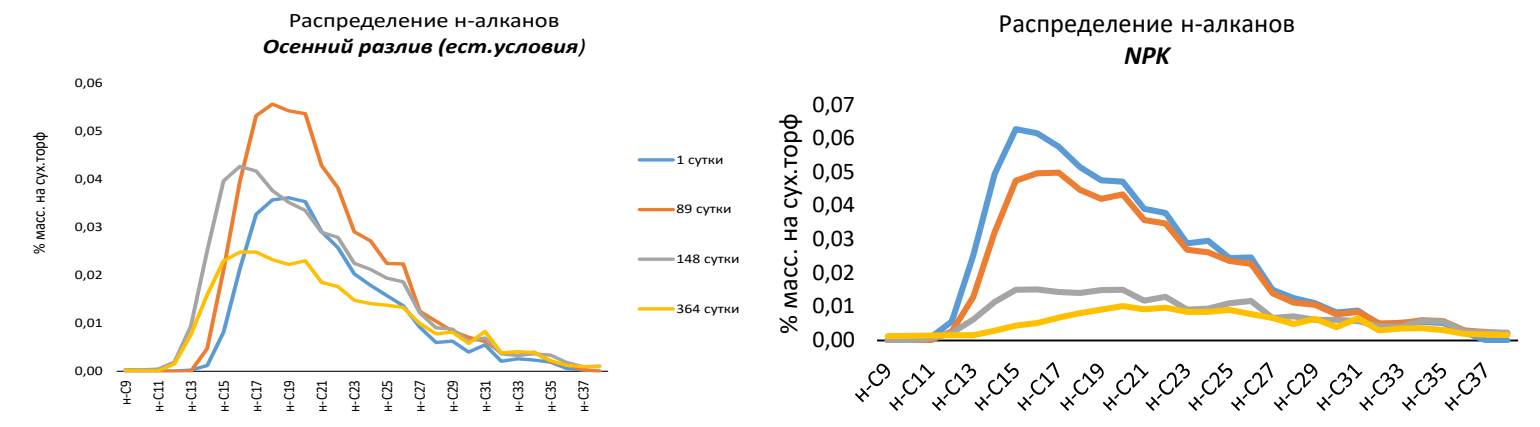
## Мониторинг изменения массовой доли нефтепродуктов в почве (ПНД Ф 16.1.38-02)



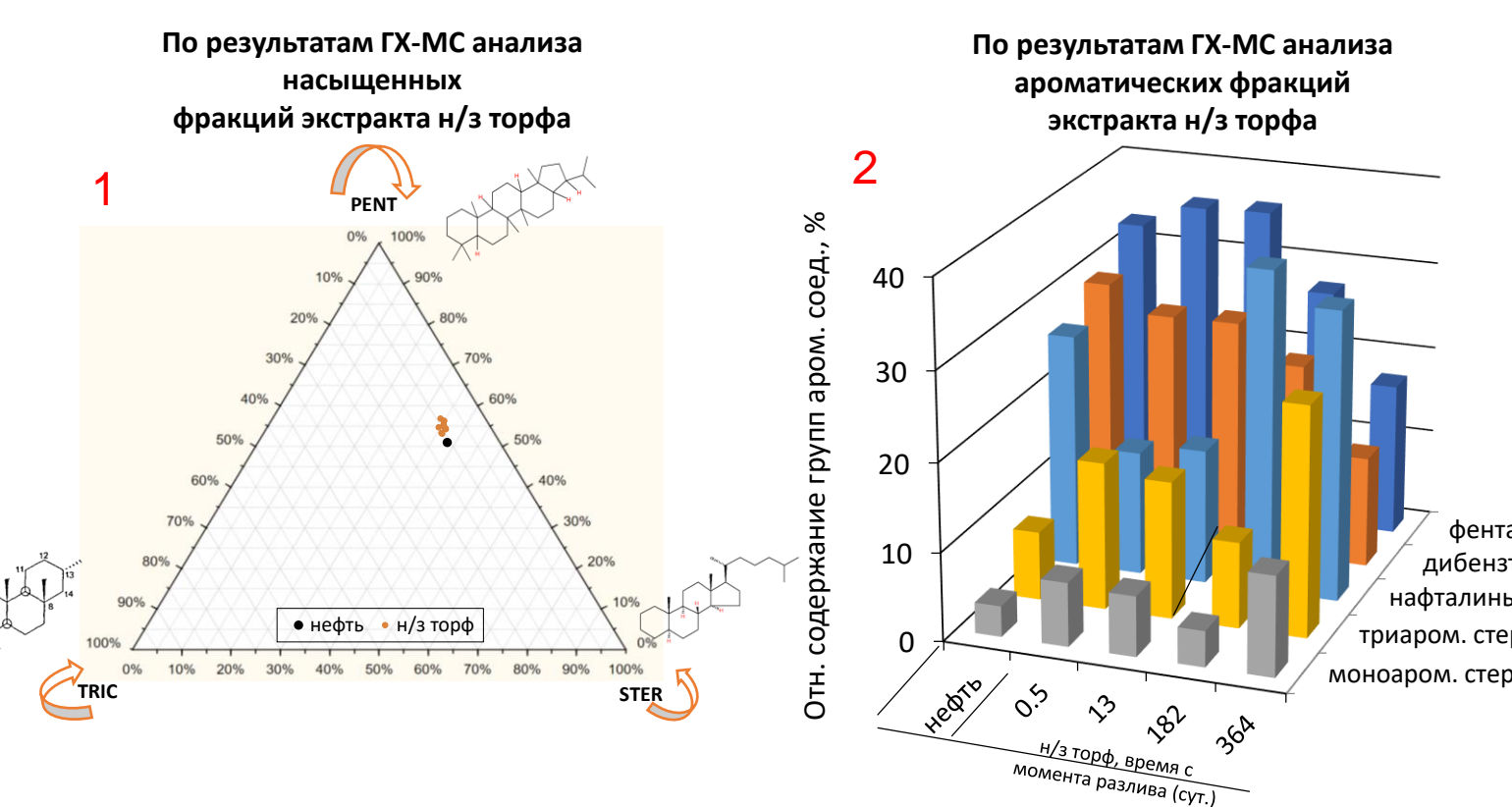
По результатам мониторинга в течение года можно отметить тренд на снижение массовой доли НП для образцов со временем экспозиции от 300 до 364 суток, что как раз приходится на завершение вегетационного периода.



На примере диаграммы Кеннона-Кессоу для образцов н/з почвы разлив осень 2022г (1) явные изменения можно отметить уже с началом вегетационного периода, где отделяется заметная группа, что также подтверждается индексом Ki, особенно явны эти изменения к концу теплого периода. Влияние добавок также можно заметить при рассмотрении распределения n-алканов для образцов с увеличением времени экспозиции. Результаты по весеннему разливу (2) в принципе сопоставимы с данными полученными по осеннему разливу, однако для весеннего разлива процесс заметной деградации n-алканов во времени проявился гораздо раньше.



За отмеченный период наблюдения также фиксируется явное снижение доли n-алканов C13-C25 в общей массе НП извлекаемых из н/з грунта. Что в целом подтверждает известные представления о том, что n-алканы ряда C12-C20 являются наименее устойчивыми к биодegradации компонентами и являются предпочтительными для бактерий нефтедеструкторов, т.к. данная группа компонентов, как правило, метаболизируются бактериями в первую очередь. Результаты по весеннему разливу сопоставимы с данными полученными по осеннему разливу, однако для весеннего разлива процесс заметной деградации n-алканов во времени проявился гораздо раньше. Также можно отметить значительное влияние добавления NPK-удобрений, где с увеличением времени экспозиции произошла значительная деградация компонентов C13-C30.



Считается, что полициклические нафтеновые УВ являются наиболее устойчивыми к деградации компонентами нефти, что подтверждается результатами на диаграмме (1), где при сравнении группового состава полициклонафтенов в образцах н/з почвы и исходной нефти нет явных изменений, однако мы продолжаем наблюдения в распределении этих групп маркерных компонентов, чтобы отметить качественный переход степени деградации НЗ с привязкой ко временному интервалу. Также осуществляется мониторинг изменений в составе аром соединений (2), а именно для дибензтиофенов, нафталинов, фенантроенов, моно- и триароматических стерапов. Считаем, что фиксируемые изменения отн. содержания аром. соединений носят неясный характер, а наметившиеся тренды требуют подтверждений по результатам более длительного мониторинга, чтобы период наблюдений охватывал минимум три вегетационных периода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С привязкой фиксируемых изменений ко времени с момента разлива, получено значительное количество данных, характеризующих начальный этап деградации нефтезагрязнения под действием естественных факторов, с применением биопрепарата-нефтедеструктора, а также комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений. Реальный разлив нефти, произошедший в холодное время года, потенциально может нести большие риски для почвенной экосистемы т.к. интенсивность процессов испарения, выветривания и фотоокисления значительно снижены и наиболее токсичные легкие компоненты НЗ после попадания в более высоких концентрациях вглубь почвенного слоя даже при наступлении благоприятных условий будут менее подвержены деградации, долгое время сохраняя высокий уровень токсичности.

По предварительным данным наибольшая интенсивность изменения состава нефтезагрязнения наблюдается для бокса с добавлением NPK-удобрений, что вероятнее всего связано с тем, что удобрения оказали стимулирующее действие на аборигенную микрофлору. Биопрепарат-нефтедеструктор также оказал заметное влияние на деградацию н/з, однако эти изменения проявились значительно позже и применение биопрепарата как совместно с удобрениями так и без не выявило значительной разницы. Мы продолжаем вести наблюдения и планируется, что временной охват эксперимента составит не менее трех лет. Полученный данные дополняют имеющиеся представления о трансформации нефтезагрязнения и скорости этих процессов в условиях северного региона, а также эти данные могут быть полезны при разработке методик оценивания давности и источников нефтяных разливов.