

А. В. СОРОМОТИН



**МЕТОД ОЧИСТКИ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ МАЛЫХ РЕК
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
С ПОМОЩЬЮ БИОКОНВЕЙЕРА «ВЛЯ»**

Методические рекомендации

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОУ ВПО ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИИ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

А. В. Соромотин

МЕТОД ОЧИСТКИ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ МАЛЫХ РЕК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
С ПОМОЩЬЮ БИОКОНВЕЙЕРА «ВИЯ»

Методические рекомендации



Издательство
Тюменского государственного университета
2009

УДК 504:556.535.8

ББК Б1+Д225

С655

А. В. Соромотин. МЕТОД ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ МАЛЫХ РЕК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ БИОКОНВЕЙЕРА «ВИЯ»: Методические рекомендации. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2009. 12 с.

Настоящие рекомендации предназначены для осуществления природоохранных мероприятий по очистке малых рек от растворенных и пленочных нефтепродуктов с помощью биотехнологии на основе волокнистых насадок «Вия» в условиях Западной Сибири.

Рецензент: В. М. Калинин, д. г. н, профессор кафедры экологического мониторинга и землеведения ТюмГУ

ISBN 978-5-400-00108-6

© ГОУ ВПО Тюменский государственный университет, 2009

© А. В. Соромотин, 2009



1 НЕФТЕСОРБИРУЮЩИЙ БИОКОНВЕЙЕР КАК МЕТОД ОЧИСТКИ РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ РЕКИ ОБЬ ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Загрязнение водных бассейнов Среднего Приобья разнообразными химическими веществами, в частности нефтепродуктами, минерализованными водами и химреагентами с канцерогенными и мутагенными особенностями, достигло рубежа, за которым уже четко просматривается абсолютно реальная опасность экологического кризиса. Поэтому значение практических работ по предупреждению распространения химического загрязнения в водный бассейн огромно.

Биологическая очистка воды была, есть и будет основным методом охраны природных вод от химического и биологического загрязнения.

Любая биотехнология очистки воды базируется на использовании тех или иных живых существ или их ассоциаций, а именно:

- биопленка;
- активный ил;
- анаэробный гранулированный ил;
- селекционированные микроорганизмы-деструкторы;
- микроорганизмы и гидробионты, которые составляют пространственную сукцессию, наподобие биоконвейера.

Первые три ассоциации играли и продолжают играть исключительно важную роль в очистке разнообразных сточных природных вод. Так, биопленка используется на стародавних полях фильтрации, в традиционных биофильтрах и в оборотных биоконтакторах; активный ил является главнейшей составной частью самых разнообразных аэротенков, а также окситенков; анаэробный ил находит всевозрастающее распространение во всем мире для очистки сточных вод пищевой и микробиологической промышленности.

Наибольшее распространение по очистке нефтезагрязненных поверхностных вод в Западной Сибири получили различные биопрепараты типа «Деворойл», «Деградойл», «Путидойл» и пр. Основной принцип использования этих препаратов — внесение накопительных культур микроорганизмов с высокой углеводород-

окислительной активностью непосредственно на загрязненную поверхность. При этом предполагается, что бактериальные клетки будут постоянно контактировать с пленочной нефтью. Практика обработок препаратами реальных разливов нефти показала, что при расчете доз препарата учитываются только площадные характеристики объектов и обрабатываются стоячие водоемы типа небольших озер, участков мочажин болотных комплексов, антропогенных канав и водоемов. Это и понятно. При таком подходе вносить дорогостоящие биопрепараты в поверхностные водотоки просто бесполезно: бактериальные клетки будут сноситься вниз по течению и титр культуры в месте обработки резко снизится в результате разбавления.

В то же время проблема нефтяного загрязнения рек региона очень актуальна. Содержание нефтепродуктов в речных водах может составлять десятки мг на дм^3 . Растворимые нефтяные углеводороды в дозах, превышающих ПДК, обнаруживаются уже даже за пределами месторождений. Особенно остро эта проблема стоит в весенний период, когда тальми водами с территории промыслов сносится огромное количество нефти, содержащееся на замасленных почвах.

На сегодняшний день все большее развитие получает технология использования в биотехнологических процессах иммобилизованных, т. е. прикрепленных к разного рода носителям, биокатализаторов. В развитии этого направления Институтом коллоидной химии и химии воды НАН было найдено принципиально новое решение в очистке водотоков (авторы: М. Ротмистров, П. Гвоздяк, Л. Глоба, Г. Дмитренко, Н. Могилевич, М. Куликов, О. Денис, И. Капарник). Это система биоконвейера боновых заграждений с микробным методом очистки с иммобилизацией бактерий на насадках из химически нейтрального синтетического текстурированного волокна, сплетенного по типу «Вия» (ресницы). Иммобилизованные микробиоценозы четко и быстро реагируют на изменение условий внешней среды в системе путем сложных переустройств,

которые приводят к изменению видового состава, снижению индекса видового разнообразия, изменению коэффициента доминирования видов и т. д. Уменьшение эффективности употребления субстратов приводит к увеличению количества видов микроорганизмов, которые входят в биоценоз. Все эти объективные факты приводят к тому, что система с иммобилизованными на волокнистых насадках микроорганизмами преобразуется саморегулирующуюся систему — своеобразный банк микроорганизмов.

С использованием технологии биоконвейера в НИИ экологии и рационального природопользования Тюменского государственного университета разработан и запатентован нефтесорбирующий бон (Нефтесорбирующий бон. Патент на изобретение № 2275466. Зарегистрирован в Государственном реестре 27.04.2006. А. В. Соромотин, В. Ю. Рядинский, Л. В. Огурцова, Е. Б. Жданова, Т. Н. Морозова, Ю. В. Денко). Нефтесорбирующий бон включает сердечник из полимерного материала, обеспечивающего плавучесть бона, расположенную вокруг сердечника трубчатую оболочку, выполненную из синтетического материала, и носитель в виде полимерных сорбирующих волокон с различной плотностью («Ви»). Сердечник представляет собой герметичную емкость или последовательно установленные герметичные емкости. Полимерные сорбирующие волокна носителя чередуются между собой и пропитаны составом из микроорганизмов и биогенного питания с высокой разрушающей способностью к нефти и нефтепродуктам. Носитель жестко соединен с трубчатой оболочкой по длине и расположен с двух противоположных сторон сердечника. Герметичная емкость или герметичные емкости выполнены полыми (рис. 1).

Для первичного насыщения волокон нами разработана технология иммобилизации бактерий штамма *Pseudomonas putida-36*,

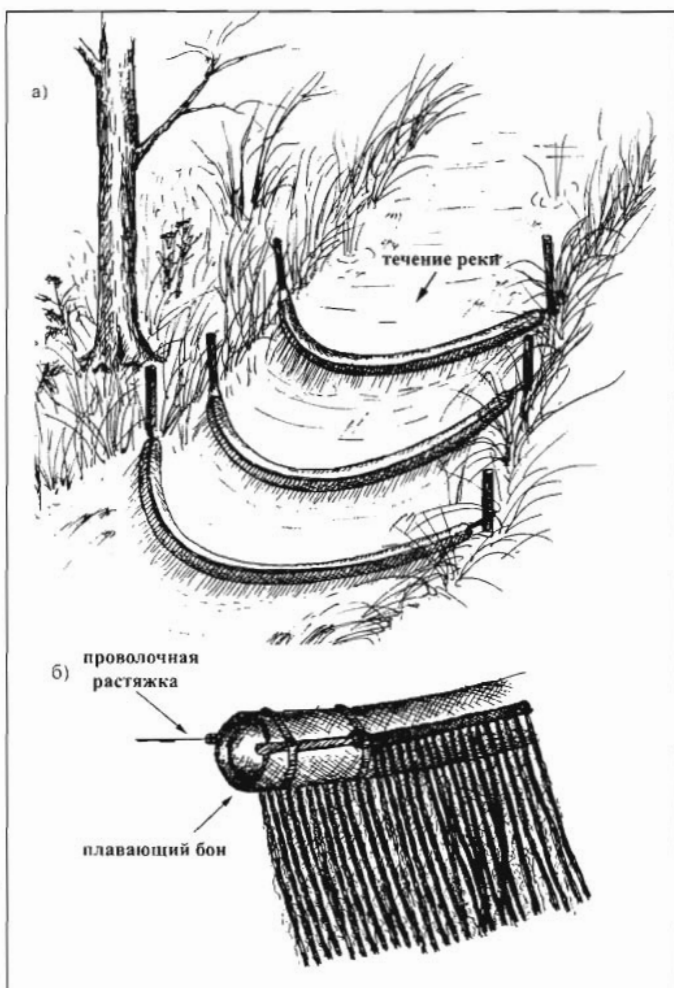


Рис. 1. Схема установки биоконвейера «Вия» (а) и устройство бона с волокнистыми насадками (б)

составляющих основу препарата «Путидойл». Кроме того, в НИИ экологии ТюмГУ создан Музей углеводородокисляющей микрофлоры и функционирует коллекция природных микроорганизмов-деструкторов нефти, наиболее активные из которых также могут быть использованы для нанесения на волокна.

Боновые заграждения с прикрепленными насадками «Вия» размещаются поперек водотока реки с берега на берег так, чтобы практически вся текущая вода (или большая ее часть) фильтровалась через микробиоценоз волокон. Количество поперечных перегородок определяется экспериментально в зависимости от степени загрязнения воды. Высота бона и длина волокна рассчитываются заранее по гидрологическим характеристикам объекта.

Биоконвейер на основе «Вии» является надежной, эффективной, простой в обслуживании, экологически безупречной и экономически приемлемой биологической системой очистки вод от опасного химического и биологического загрязнения. Осуществляет обновление качества природных поверхностных вод с интенсификацией самоочищения, а также восстановление ресурсного потенциала использованной воды.

Волокнистые насадки типа «Вия» не имеют себе равных в мире по поглощающей поверхности, которая может достигать 5000 и даже 10000 м²/м³ объема сооружения, в то время как поглощающая поверхность лучших иностранных образцов насадок редко превышает 300 м²/м³. Кроме того, насадки занимают не больше 0,5% объема сооружения, а наилучшие иностранные — не менее 5%, а иногда даже более половины полезного объема (например, пористые стеклоблоки). «Вии» практически не создают гидравлического сопротивления протекающему через очистные сооружения сточных вод.



Принцип биоконвейера заключается в том, что размножающиеся углеводородокисляющие бактерии включаются в трофические цепи водоема и «перенаселения» среды не происходит. Постоянно поддерживается оптимальный титр клеток. Вода, пройдя такой биоконвейер, становится чистой, биологически полноценной, и качество ее может стать более высоким по сравнению с природными водами ближайших водоемов.

В результате систематических исследований НИИ экологии ТюмГУ на протяжении последних 15 лет предложен принципиально новый биологический метод очистки поверхностных водотоков от нефтяного загрязнения и восстановления качества воды. В 2000 г. разработан Технологический регламент, согласованный с Ханты-Мансийским окружным комитетом по охране окружающей среды (рис. 2). Результаты испытаний «Вий» на реке Парки опубликованы в Обзоре «О состоянии окру-

жающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1998 г.».

Жизнеспособность идеи биоконвейера подтверждена широким внедрением в практику очистки малых рек на месторождениях ОАО «Юганскнефтегаз» и ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз» в период с 1998 по 2003 г. В результате выполненных работ было зафиксировано снижение концентрации пленочных нефтепродуктов в 40–50 раз, растворенных — в 5–15 раз. Следовательно, разработка и создание стационарных и временных (сезонных) систем очистки водотоков территорий разрабатываемых месторождений нефти по технологии «Вия» значительно (в десятки раз) снизит поступление нефтепродуктов в крупные реки региона (Иртыш, Обь, Аган и др.) и далее в акваторию Обской губы.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Межфакультетский научный центр экологических исследований
Лаборатория экологии и мониторинга состояния окружающей среды

<p>“СОГЛАСОВАНО” Председатель Ханты-Мансийского окружного комитета по охране окружающей среды _____ И. Лютингер 1 мая 2000 года</p> 	<p>“УТВЕРЖДАЮ” Профессор по научной работе _____ В. С. Соловьев 1 мая 2000 г.</p> 
--	---

МЕТОДИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ

**ОЧИСТКА МАЛЫХ РЕК ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО
АВТОНОМНОГО ОКРУГА ОТ НЕФТЯНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ БИОКОНВЕЙЕРА «ВИЯ»**

Срок введения регламента: 1 мая 2000 года

Тюмень 2000

Рис. 2. Методический регламент

2. СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА МАЛЫХ РЕКАХ С ПОМОЩЬЮ БИОКОНВЕЙЕРА «ВИЯ»

Установка системы очистки воды на малой реке с использованием биоконвейера «Вия» предусматривает следующие последовательные этапы работ:

- гидрологический анализ территории эксплуатируемого месторождения нефти и выбор створов, где установка биоконвейера наиболее эффективна;

- разработка частных проектов на биоконвейеры для каждого створа;

- установка системы биоконвейера «Вия» на выбранных створах;

- контроль за эффективностью очистки воды;

- демонтаж биоконвейеров в осенний период и оценка состояния волокнистых насадок для выяснения возможности повторного использования на следующий год.

2.1. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ

2.1.1. Для наиболее эффективного использования технологии «Вия» необходимо перед началом работ оценить гидрологические условия территории конкретного промысла. Гидрологическая оценка включает в себя:

- анализ водосборной сети на данной территории с выявлением водотоков, водосборная площадь которых испытывает максимальную техногенную нагрузку;

- изучение ведомственных материалов по состоянию и срокам эксплуатации нефтесборных коллекторов для составления прогноза аварийности;

- окончательный выбор створов, на которых необходима установка боновых заграждений системы «Вия».

2.1.2. Водотоки, на которых можно установить биоконвейеры «Вия», могут быть как

естественного, так и искусственного происхождения. По гидрологическим параметрам выбранные водотоки должны соответствовать понятию «малая река».

2.1.3. Скорость течения водного потока в местах установки биоконвейера «Вия» должна составлять от 0,1 до 1,0 м/с.

2.1.4. Глубина водотока в местах установки биоконвейера «Вия» должна составлять от 0,2 до 0,8 м.

2.1.5. На одном водотоке допускается установка нескольких биоконвейеров. При этом расстояние между биоконвейерными комплексами выбирается исходя из конкретных гидрологических характеристик водотока, а также в зависимости от степени техногенной нагрузки на водосборную площадь.

2.2. ЧАСТНЫЙ ПРОЕКТ БИОКОНВЕЙЕРА «ВИЯ»

2.2.1. Для каждого выбранного места установки биоконвейера «Вия» разрабатывается частный проект. Срок разработки проектов — май–июнь. Данные по загрязнению и гидрологические характеристики могут вноситься в течение всего года.

2.2.2. Проект включает в себя следующие разделы:

- описание места установки со схемой расположения;

- гидрологическую характеристику водотока с чертежом профиля долины;

- характеристику нефтяного загрязнения воды;

- схему установки бонов биоконвейера;

- описание бонов.

2.2.3. Описание места установки биоконвейера должно содержать сведения о местоположении выбранного участка реки и характеристику береговой растительности.

Место расположения биоконвейера наносится на схему территории промысла масштаба 1:25000.

2.2.4. В гидрологической характеристике водотока указываются максимальная и минимальная скорости течения, максимальный и минимальный уровни воды текущего года. Чертеж профиля долины водотока выполняется в масштабе 1:50 или 1:75 в створе первого бона биоконвейера с указанием максимального и минимального уровня воды в текущем году.

2.2.5. Характеристика нефтяного загрязнения должна содержать сведения о концентрации растворенных нефтепродуктов в воде с указанием даты отбора пробы, а также данные визуального контроля за пленочной нефтью на водной поверхности.

2.2.6. Схема установки бонров выполняется в масштабе 1:50 или 1:75. На ней указываются очертания берегов водотока и расположение бонровых заграждений с вспомогательным оборудованием (сваи, растяжки и пр.). Отмечаются места отбора проб воды для контроля за нефтяным загрязнением.

2.2.7. В описании бонров должны приводиться технические характеристики устройства самого бона и волокнистых насадок с чертежом. Обязательно указывается наличие или отсутствие бактериальных обработок волокна насадок.



Нефтесобирующие бонны биоконвейера.
Ручей, Суторминское м/е, К-57
(ОАО «СИБНЕФТЬ-НОЯБРЬСКНЕФТЕГАЗ»)

2.3. УСТАНОВКА СИСТЕМЫ БИОКОНВЕЙЕРА «ВИЯ»

2.3.1. Наиболее благоприятный срок установки биоконвейеров «Вия» в Среднем Приобье — июнь.

2.3.2. Бонровые заграждения с волокнистыми насадками, входящие в состав биоконвейера, устанавливаются поперек водотока с помощью проволочных растяжек и металлических свай, вбитых в берега (рис. 1). Длина растяжек определяется в каждом конкретном случае и выбирается с запасом в 1,5–2 м с каждого конца.

2.3.3. Бонны должны располагаться примерно перпендикулярно направлению течения реки и с небольшим прогибом.

2.3.4. Количество бонров, устанавливаемых в системе одного биоконвейера зависит от степени загрязнения водотока и от вероятности аварийных попаданий нефти. Минимальное число линий бонров — 12.

2.3.5. Расстояние между линиями бонров выбирается с учетом конкретных гидрологических условий в пределах от 1,5 до 3 м.

2.3.6. Длина волокнистых насадок должна составлять не менее 80% максимальной глубины водотока и полностью перекрывать 2/3 его поперечного сечения.

2.3.7. Для наиболее загрязненных водотоков и водотоков с высокой вероятностью аварийного загрязнения нефтью (при наличии нескольких водных переходов нефтесборных

коллекторов со значительными сроками эксплуатации и неблагоприятной коррозионной ситуацией) предусматривается принудительная иммобилизация на волокна углеводородокисляющей микрофлоры. В качестве источников живых микробных клеток могут служить любые бакпрепараты, используемые для борьбы с нефтяным загрязнением и разрешенные к применению на территории ХМАО.

2.3.8. Принудительная иммобилизация осуществляется в специальных емкостях, в которых предварительно

оживляется бакпрепарат и куда на 3–4 часа помещаются волокна (перед установкой на водоток).

2.3.9. В течение летнего периода 1 раз в неделю осуществляется контроль за техническим состоянием боновых заграждений и волокистых насадок. При необходимости, вследствие колебания уровня воды, проволочные растяжки подтягиваются или распускаются. Поврежденные участки поплавков бонов и полотна волокистых насадок заменяются.

2.4. КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

2.4.1. Эффективность очистки воды в водотоке с помощью биоконвейера «Вия» оценивается по трем параметрам:

— концентрация растворенных нефтепродуктов в воде выше и ниже бонов;

— наличие или отсутствие нефтепродуктов, содержащихся в нефтяной пленке на поверхности воды, и их количество;



Нефтесорбирующие боны биоконвейера в логу реки Тюменка (г. Тюмень)

— общий объем растворенных нефтепродуктов, выносимых водотоком.

2.4.2. Заключение об эффективности очистки воды делается на основании химических анализов проб воды, отобранных и проанализированных химическими лабораториями, имеющими соответствующий сертификат аккредитации.

2.4.3. Отбор проб воды для химических анализов проводится по специально разработанному графику. Периодичность — один раз в месяц. Первая проба отбирается через 10 дней после установки биоконвейера.



Нефтесорбирующие боны биоконвейера на реке Парки (ОАО «ЮГАНСКНЕФТЕГАЗ»)

2.4.4. Эффективность очистки от растворенных нефтепродуктов по снижению концентрации определяется по формуле:

$$A_p = C_1 / C_2 \times 100\%,$$

где A_p — эффективность очистки (%);

C_1 — концентрация растворенных нефтепродуктов до бонов (мг/л);

C_2 — концентрация нефтепродуктов после бонов (мг/л).

2.4.5. Эффективность очистки от нефтепродуктов определяется как визуально, так и по формуле:

$$A_n = S_1 / S_2 \times 100\%,$$

где A_n — эффективность очистки (%);

S_1 — наличие нефтепродуктов в пленке до бонов (мг/м²);

S_2 — наличие нефтепродуктов в пленке после бонов (мг/м²).

2.4.6. Снижение объема растворенных нефтепродуктов, выносимых водотоком, определяется по формуле:

$$A_v = (Q_{в.д.} \times C_{н.д.}) / (Q_{в.п.} \times C_{н.п.}),$$

где A_v — эффективность очистки;

$Q_{в.д.}$ — расход воды до бонов (л/с);

$C_{н.д.}$ — концентрация нефтепродуктов до бонов (мг/л);

$Q_{в.п.}$ — расход после бонов (л/с);

$C_{н.п.}$ — концентрация нефтепродуктов после бонов (мг/л).

Расходы воды рассчитываются по стандартным гидрологическим методикам. Измерения параметров водотока и отбор проб для химического анализа осуществляются непосредственно перед первой линией бонов и сразу за последней.

2.5. ДЕМОНТАЖ БИОКОНВЕЙЕРОВ

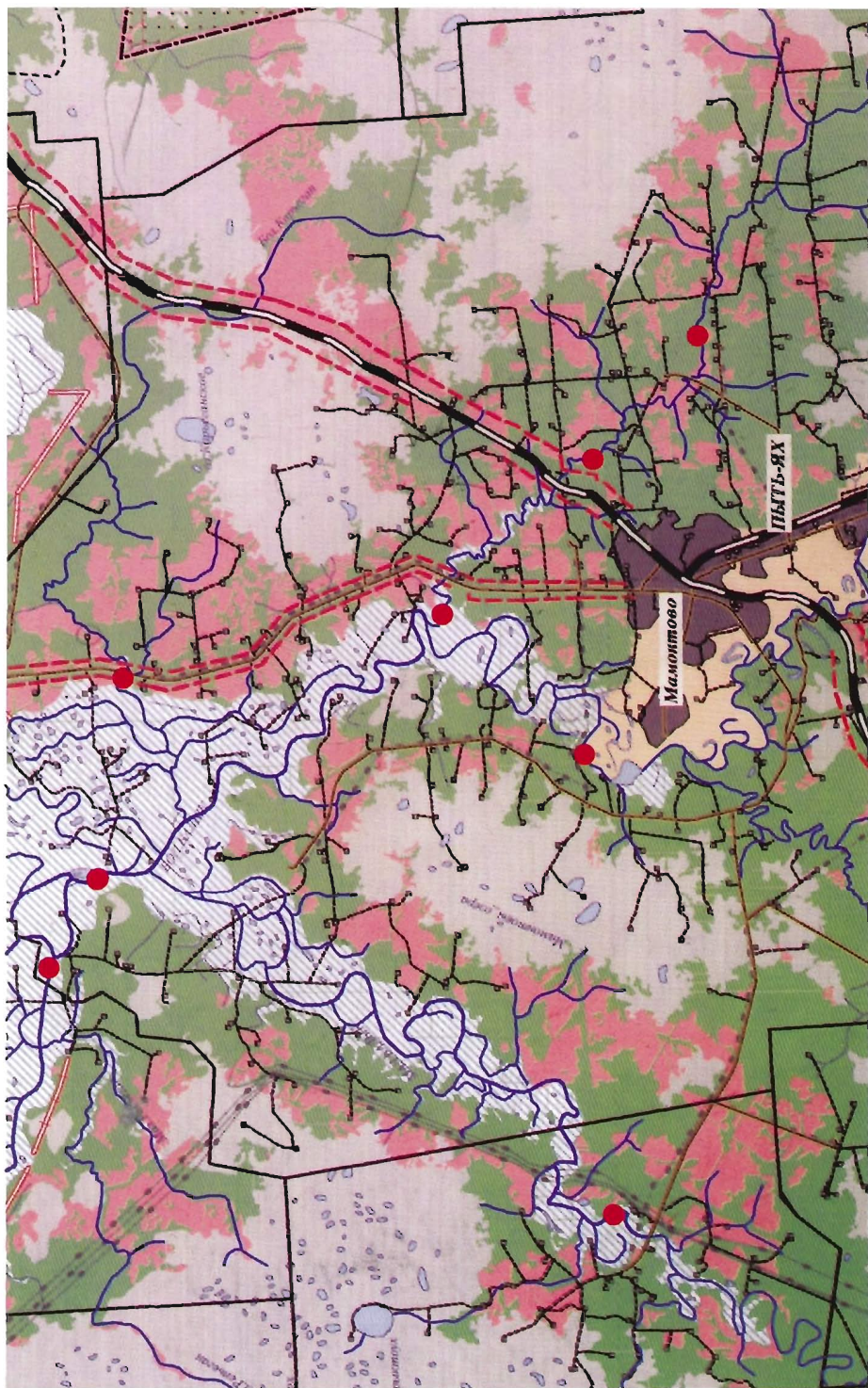
2.5.1. Демонтаж биоконвейеров осуществляется в конце сентября или начале октября текущего года.

2.5.2. Проволочные растяжки отцепляются от береговых свай и от боновых поплавков и складываются на берегу до следующего сезона.

2.5.3. Боны с волокнистыми насадками аккуратно сматываются, просушиваются и хранятся в теплом помещении до следующей установки.

2.5.4. При необходимости волокнистые насадки очищаются от мусора, растительных остатков и водных беспозвоночных. Оставшаяся в «Виях» органика зимой привлечет крыс и мышей, которые могут серьезно повредить как поплавки, так и синтетические волокна насадок.

2.5.5. Если при снятии бонов обнаружатся нарушенные участки в поплавках или в волокнистых насадках, производится замена порванного фрагмента.



● **места установки биоконвейеров**

Примерная схема расстановки систем нефтесобирающих бонов биоконвейеров «Вия»
(в качестве картографической основы использовался фрагмент карты из Атласа

«Особо охраняемые природные территории и леса Ханты-Мансийского автономного округа», т. 1, ГУ «НАЦРАН им. В. И. Шильмана», 2005 г.)