

БИОХАКАТОН «ФАРВАТЕР» · АКВАКУЛЬТУРА И ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ

МОРСКОЙ КОНТУР

Адаптивная региональная IMTA-система для Белого моря

Не совместная посадка видов, а управление тремя фракциями отходов и остаточной ёмкостью каскада.

СТАДИЯ · концепт до пилота, TRL 3

ЛОКАЦИЯ · Губа Чупа, Кандалакшский залив

ФОКУС · проверяемый баланс N и P

Три фракции сразу

Раствор, РОМ и осадок требуют трёх контуров. Холодноводный side-stream снимает токсичность аммония, не массу азота. Following A/B даёт дну время на регенерацию.

Stop-rule важнее тоннажа. Удаление N и P — только физический вывоз с акватории.

Команда · ДВФУ

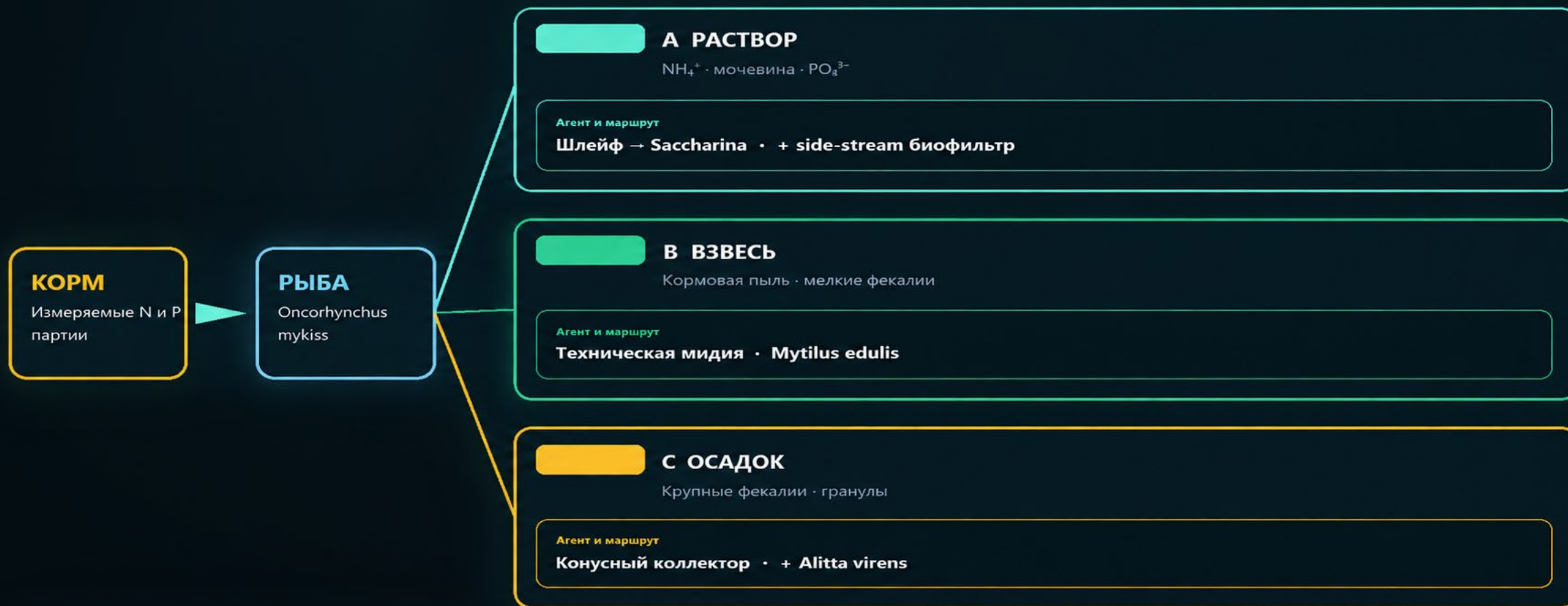
Михалко Анастасия — биоинженер, специалист по санитарному контролю.

Мерешко Оливия — промышленный биотехнолог.

Судите протокол материального баланса, а не витрину видов рядом с садком.

02 · РЕШАЕМАЯ ЗАДАЧА

Корм сразу даёт три физические фракции



Ни один организм не утилизирует все три фракции. ИМТА меняет форму и маршрут вещества, а не обнуляет массу.

03 · РЕАЛИЗУЕМОСТЬ

Допуск в море — через мезокосм, зиму и честные виды



04 · ДИФФЕРЕНЦИАТОР

Шесть физических барьеров

01

Фракции до модулей

Раствор / ROM / осадок считаются отдельно

02

Коллектор осадка

Перехват 60–75% тяжёлой фракции под садком

03

Side-stream 0–5 °C

$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$. Массу N не снимает

04

Биодепозиты в балансе

Мидия из шлейфа — техническая

05

Fallowing + BACI

Ротация A/B и контрольные станции

06

Ledger, не замена проб

Зрение фиксирует аппетит, не гидрохимию

05 · МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС

Эмиссия считается по балансу. Stop-rule важнее тоннажа

Азот на 1 тонну товарной форели · FCR 1,35 · Wang / Aas

Удаление признаётся только при физическом вывозе биомассы с акватории

~95 кг N

Вход с кормом · модель, не локальный замер Чупы

30–38 кг N

Удержание в рыбе · вывод при забое · 32–40% входа

8–18 кг N

Гипотеза экстраторов · макрофиты + мидия · требует пилота

Остальная эмиссия не «исчезает»

Раствор уходит со шлейфом. РОМ рассеивается. Тяжёлая органика падает под садок.

Урок Fundy: рост мидии рядом с садком не снимает донную нагрузку — нужен коллектор.

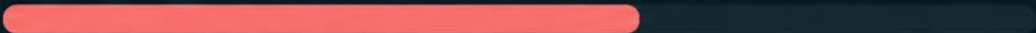
Stop-rule важнее тоннажа: один критический сигнал останавливает кормление.

Сохранение квоты и лицензии вместо штрафов за грунт

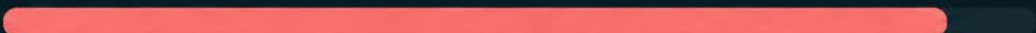
Сравнение на модуль 50 т/год - не NPV до пилота

МОНОКУЛЬТУРА

CAPEX
базовый садок



Риск закрытия РПУ
3-5 лет заиления

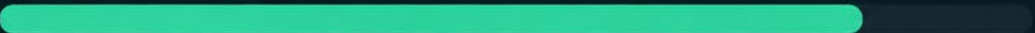


Выручка
только рыба



ИМТА-КОНТУР

CAPEX
+35-45% за контур



Сохранение лицензии
квота и непрерывность

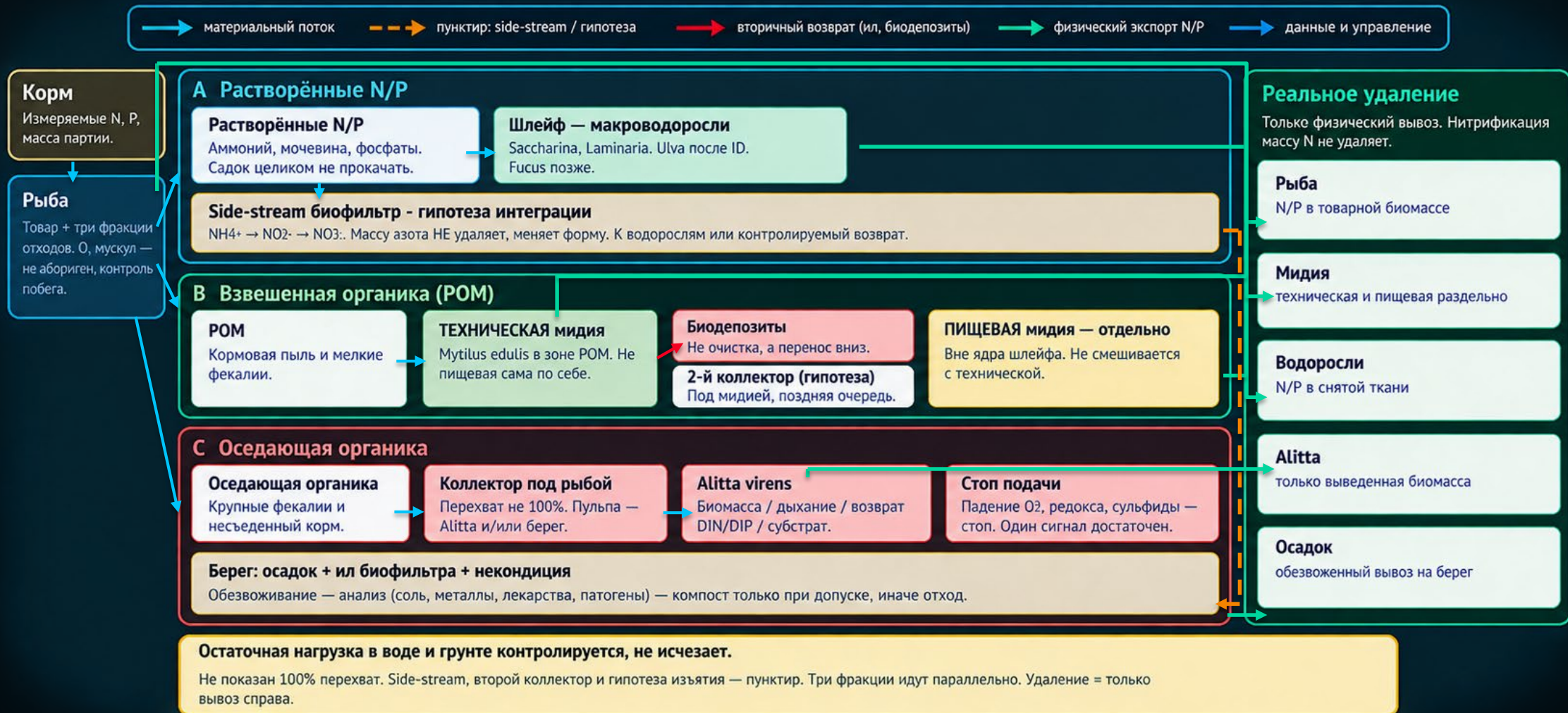


Выручка
рыба 85-90% + техническая биомасса



07 · АРХИТЕКТУРА

Три тракта параллельно. Удаление — только вывоз



Фракция → агент → механизм → стоп-контроль

A

DIN / DIP

Saccharina latissima + биофильтр

Сорбция слоевищ · нитрификация 0–5 °C

Съём урожая летом · стоп: аммоний в шлейфе

B

РОМ

Mytilus edulis · техническая линия

Фильтрация сестона и кормовой пыли

Съём биомассы · коллектор биодепозитов, 2-я очередь

C

Осадок

Конус + Alitta virens + берег

Гравитационный перехват · пульпа · компост

Вывоз субстрата · стоп: $O_2 < 5$ мг/л, сульфиды

09 · ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФИШКИ · НЕ НАБОР ВИДОВ НА ОДНОЙ КАРТЕ

Что отличает контур от «поставьте мидию и ламинарию рядом»

01

Фракции до биологии

Отходы корма — не однородный фон. Раствор → водоросли и биофильтр. POM — техническая мидия. Осадок — коллектор и Alitta. Ни один организм не закрывает все три.

02

Коллектор под садком

Крупная фракция не рассеивается по губе, а идёт дозируемо. Без перехвата детритофаги получают случайную седиментацию, мидия усиливает биодепозиты.

03

Холодноводный side-stream

$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ на носителе. Массу азота не удаляет, меняет форму. Зимой держит токсичность, когда фотосинтез почти ноль. Не весь объём губы — боковой поток.

04

Две линии Mytilus

Ближняя техническая в ядре POM. Дальняя пищевая на периферии. Реверс прилива: два крыла или дуга, не одна «ниже по течению» града.

05

Перекрывающий календарь

Ulva — летний буфер. Saccharina / Laminaria со сдвигом полей. Fucus держит площадь, когда ламинария снята. Запрет тотального съёма в один день.

06

Дозируемая Alitta

Не рассыпаю под всем козырьком. Отдельная площадка, пульпа, стоп подачи по O_2 и редоксу. Под садком без коллектора полихета получит токсичную перегрузку.

07

Изоляция и байпас

Модули независимы. Заболевание фильтраторов не обязано останавливать рыбу. Экспериментальные виды — только обособленный контур, не выпуск в губу.

08

Зрение как контур баланса

Снижение пищевой активности режет корм и эмиссию до перегрузки экстракторов. Ручной резерв обязателен. Камера не оператор и не лаборатория.

Береговой биофильтр

Не весь объём губы. Боковой поток из присадковой зоны и жидкой фракции коллектора. Нитрат — к ламинарии, не обратно в садок без учёта NH_4^+ и O_2 .

Фотобиореактор

Зимний и посевной контур микроводорослей на берегу. Держит культуру, когда канатные поля сняты или стоят под льдом. Не заменяет ламинарию в губе.

Узел переработки

Техническая мидия и перехваченный осадок становятся сырьём, а не сбросом. Иначе коллектор только сдвигает пик с грунта на кромку.

Проверяемая гипотеза заявки

Каскадное фракционирование отходов вместе с пространственной организацией RIMTA повышает долю утилизируемых биогенов и снижает локальную нагрузку на дно по сравнению с совместным размещением тех же видов при сопоставимой рыбоводной биомассе. Это протокол измерения для Чупы, а не обещание изъятия.

Что этим не заявляется

Не патент на идею IMTA. Не стерильный контур. Не цифровизация вместо вещества. Не универсальная геометрия «мидия ниже по течению». Не ёмкость губы до фона и полного годового цикла.

10 · САНИТАРИЯ И ВЫПУСК · ФИШКА ЗАЯВКИ, НЕ «МИДИИ РЯДОМ С САДКОМ»

Две линии мидии, управляемая микробиота, выпуск только по партии

не пищевая

Техническая линия · ядро шлейфа РОМ

Максимальное изъятие взвеси. Продукция: кормовая мука, гидролизат, технический белок. Пищевые пороги сюда не переносят. Это запасной канал, если пищевой закрыт.

свой санитарный выпуск

Пищевая линия · периферия шлейфа

Разбавление снижает, но не обнуляет накопление. Полный ряд тканей. Если гидрохимия как фон, а ткани грязные — выпуск запрещён. Живая мидия не единственный рынок.

Запрещено схемой

Пищевая мидия в ядре фекального пятна · смешение партий, тары и персонала · перевод непрощедшей пищевой партии в корм «автоматом» · стерилизация всего потока (убивает и нитрификаторов)

1. Вход

Карантин рыбы. Спат: место сбора, генетика *M. edulis*, не *trossulus*. Водоросли — питомник. Корм — партия и микотоксины. Инвентарь разделяют по зонам.

2. Цикл

Падёж и зрение ежедневно. Пищевая мидия: микробиология, биотоксины при цветении, металлы. Раздельные зоны, тара, маркировка, документы.

3. Удержание

Партия с идентификатором, точкой и датой съёма. До результатов лаборатории не отгружают. Холодовая цепь фиксируется.

4. Выпуск / отзыв

Допуск — решение, не факт съёма. Инцидент: стоп отгрузки, изоляция модуля, связанные когорты, надзор, отзыв. Возобновление не по одной благополучной пробе.

Ограничение депурации

Депурация снижает часть бактериальной загрязнённости. Она не устраняет биотоксины и тяжёлые металлы и не является универсальным основанием для выпуска. Партия без полного ряда тканей не выпускается «после осадки».

Управляемая, не стерильная микробиота

Санитария ограничивает патогенов и токсины в товарной биомассе, но не уничтожает нитрификаторов. Ёмкость превышена и при «нормальном» азоте, если сорван микробный контур. УФ и озон «на весь поток» убивают нужную биоплёнку.

11 · ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И САНИТАРНЫЙ МОНИТОРИНГ

Сеть контрольных точек Э1-Э13

310
Фон губы
 Природный сезон и прилив. Без фона зимний O₂ спишут на ферму или скроют.

311
Разрез шлейфа
 Обе фазы прилива. Если шлейф мимо полей — баланс заявки не выполняется.

31
Садок / рыба
 Стартовая эмиссия. O₂, pH, TAN, нитрит, взвесь. NH₃ считают вместе с pH и T.

32
Коллектор
 Доля перехваченного осадка. Норма в толще не доказывает норму грунта.

Правило сети
Своя точка — свой вопрос
 Эмиссия, встреча со шлейфом, грунт, нитрификация, патогены в пищевой партии, выпуск.
Не сливать пробы
 Нельзя заменить 32, 35 и 311 одной «пробой у хозяйства».
Частота разная
 O₂ и зрение — постоянно. Грунт и разрез — сезоны: вскрытие, пик корма, перед льдом.
Фон обязателен
 39 и 310 отделяют природный ход губы от эффекта садков.
Действие после порога
 Проба без stop-rule не управляет нагрузкой.
34 не есть 35
 Техническая линия не закрывает пищевой допуск. Пищевая не заменяет изъятие POM в ядре.
312 не лаборатория
 Зрение назначает внеочередную пробу. Оно не заменяет ткани, грунт и коэффициент биофильтра.
313 отдельно от моря
 Береговой сток — свой пик. Морская норма не доказывает, что мойка и сброс биофильтра чисты.

33
Биофильтр in/out
 Нужен коэффициент конверсии. Нитрит на выходе при живом аммонии — срыв биоплёнки.

34
Техн. мидия
 Ядро POM. Экология и выживаемость. Пищевые пороги сюда не переносят.

35
Пищевая мидия
 Периферия + ряд тканей. Грязные ткани — запрет выпуска, даже если вода как фон.

36
Ламинария
 DIN, свет, мутность, доля площади после съёма. Не ставить в ядро фекального пятна.

37
Ulva
 Короткий цикл. Распад слоевища без съёма превращает буфер в источник органики.

38
Alitta
 O₂ у субстрата, редокс, смертность. Гибель — стоп пульпы, не больше червей.

39
Грунт-контроль
 Вне пятна. Отделить эффект фермы от гуминового стока и зимнего кислородного долга.

312
Зрение
 Отказ от корма и смыкание створок раньше кимии. Назначает пробу, не заменяет её.

313
Береговой сток
 Мойка, переработка, сброс биофильтра. Не перенести органический и санитарный пик с моря на кромку.

BACI
Before–After–Control–Impact
 Сравняют изменение impact относительно фона, а не одну благополучную пробу.

Режимы измерения			
Непрерывно T, солёность, O ₂ , pH, мутность, течение, расход биофильтра, кормление, поведение, швартовка.	Периодически PAR, седиментационные ловушки, створки, состояние водорослей и субстрата Alitta.	Лаборатория · вода / грунт TAN, NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , N/P, POC/PON, редокс, сульфиды, макробентос.	Лаборатория · биомасса Масса съёма, N/P тканей, микробиология, биотоксины, загрязнители по назначению партии.

12 · РИСКИ

Главные точки отказа: где ломается баланс или допуск

T1 Лёд и швартовка Торошение ломает воротники и канаты. Потеря посадки и дыра в календаре на год.	T6 Перекорм / FCR Главный управляемый источник эмиссии. Точка отказа — кормление, не мидия.	T12/19 Биофильтр и энергия Зимой макробрастание не компенсирует срыв нитрификации. Резерв питания обязателен.	T13 Эпизоотия рыбы Связанный контур. Закрытие пищевой линии, пульс органики от забоя.
T14 Ткани пищевой мидии Закрытие выпуска при благополучном O ₂ . Точка — 35, не 31.	T17 Отказ коллектора Осадок уходит на грунт. Без ловушек Э2 отказ скрыт месяцами.	T23 Поля вне шлейфа Затраты без изъятия. Хозяйство уже монокультуры. Видно только по 311.	

Высокие (не критические в одиночку, но ломают сезон или допуск)

T2 окно без льда Не успевают съём и новый вынос ламинарии.	T4 / T11 шлейф и Alitta Сдвиг планктония; гибель полихет при перегрузке пульпой.	T8 тотальный съём После уборки всей ламинарии летний пик DIN идёт в губу.	T16 / T20 побег Лёд, шторм, перетирание сетки. Двойной замок и ледовый расчёт.	T24 кут губы Прямо запрещено схемой размещения.	T33 / T35 кадры и нормы Точки 3 и С не обслуживаются. Система сложнее персонала.
--	--	---	--	---	--

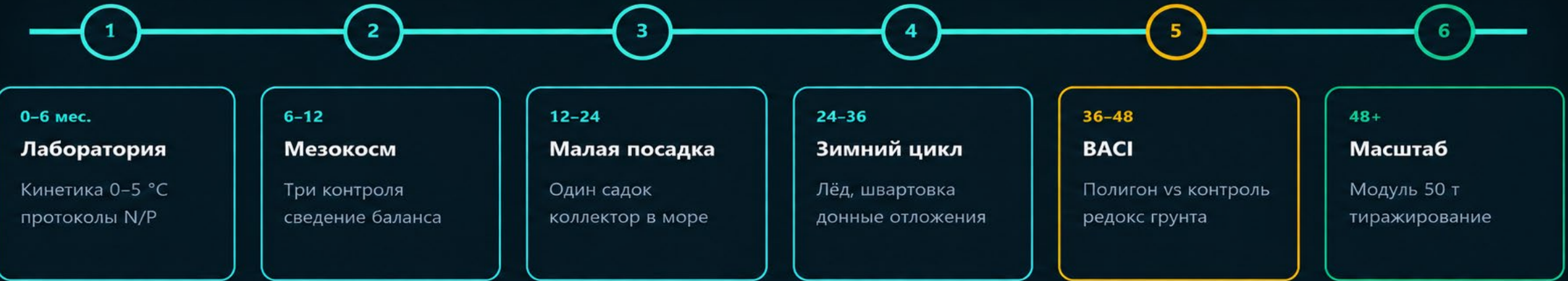
Связанные цепочки держать как один риск, не как список

A Перекорм → осадок → отказ коллектора → гибель Alitta и падение редокса → предписание по грунту → сокращение рыбы.
B Лёд → обрыв линий → потеря ламинарии и мидии → летний пик DIN без экстрактора при живой рыбе.
C Вспышка у рыбы → закрытие пищевой мидии → кассовый удар. Нет технической линии → удар полный.
D Поля вне шлейфа → нулевое изъятие → те же отходы, что у монокультуры, выше OPEX.

Как читать эту схему на защите

Критическая точка достаточна одна. Цепочки A–D не складывают «по баллам»: если коллектор, 311 или календарь водорослей не работают, интеграция не снижает потолок, а добавляет отказы к монокультуре.

Шесть фаз доказательства: от пробирки до моря



24–36 месяцев — первые локальные данные пилота в Губе Чупа.
 7–10 лет — горизонт промышленного тиражирования. Это цена измерения, не дата завода.

Что команда сознательно не обещает

01

Биофильтр не удаляет массу N

02

Форель — интродуцент, не абориген

03

50 т — рамка модуля, не ёмкость губы

04

NPV в рублях до пилота не считаем

05

Хитозан и фармпереработка вне пилота

06

Камеры не заменяют гидрохимию

07

Нет обещания «100% без отходов»

08

Мидия из шлейфа — техническая

09

Лёд и якоря — только site-specific

15 · КОМАНДА · ДВФУ

Над проектом работали

Михалко Анастасия

Биоинженер · санитария

Садковая аквакультура, гидробиология Белого моря, патогены и токсины. Протокол VASCI, качество осадков, санитарный режим.

Мерешко Оливия

Промышленный биотехнолог

Биоконверсия потоков марикультуры, макрофиты, кинетика нитрификации 0–5 °С. Баланс N и P, биофильтр, *Alitta virens*.

Консорциум

Инженерия · альгология · лаборатория

Парусность и лёд, *Saccharina* и *Laminaria*, сертифицированная гидрохимия, ledger потоков и компьютерное зрение.

Благодарим за внимание