

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВКЛЮЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ
В ПРОЦЕСС КОМБИНИРОВАННОГО
ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕССЕРИВАНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

В ходе формирования и развития современных экосистем возможности получения экономической выгоды неотъемлемо связаны с разработкой и внедрением инновационных технологий. Так как инновационный потенциал компании является неотъемлемой частью ее экономического потенциала. Лидерство компаний определяется их способностью к осваиванию новых рынков, которые характеризуются на начальном этапе высоким уровнем неопределенности. При разработке и внедрении инновационных технологий одновременно с выводом на рынок новой компании определяющим фактором развития рынка и получения экономической выгоды является удержание ею лидерства по инновационному продукту. В случае экосистемы в виде компании, которая функционирует на рынке уже достаточно продолжительное время, при разработке и внедрении инновации возникают сложности с грамотным управлением в областях распределения ресурсов, постановки задач, отслеживанием их выполнения, с выбором методологии для анализа перспектив внедрения получаемых при проведении исследований результатов. К таким компаниям сегодня можно отнести основных участников нефтегазовой отрасли РФ. В связи с наличием ряда экологических проблем, повсеместным введением жестких требований к составу и качеству сырья, переходу к циркулярной экономике и использованию возобновляемого сырья в настоящее время все они столкнулись с необходимостью поиска и внедрения инноваций, которые могут обеспечивать одновременно со снижением экологической нагрузки сохранение рентабельности производственных технологических схем, а также, по возможности, расширение продуктового портфеля. Прежде всего, следует помнить, что инновация включает в себя процесс, изменение и/или результат. Инновационный потенциал неразрывно связан с научным и научно-техническим потенциалом той или иной экосистемы и напрямую зависит от ее ресурсов, таких как человеческий капитал, состояние экспериментальной базы и производственных фондов, объема финансирования инновационных процессов [3]. Экосистемы, являющиеся участниками рынков добычи и переработки

углеводородного сырья, сегодня обладают ресурсами, достаточными для ведения инновационной деятельности, часто они становятся инвестиционными партнерами в ходе выполнения научно-исследовательских работ с частичным государственным финансированием. Однако приоритеты давно присутствующих на рынке экосистем сегодня чаще всего ориентированы в сторону внедрения не прорывных, а ”улучшающих” инноваций. Управленцы не всегда готовы инвестировать в проведение большого объема поисковых работ. В данном случае ими чаще всего отдается предпочтение использованию метода Stage-Gate, подразумевающего каскадный путь получения улучшенного продукта от четко сформулированного технического задания до производства и основанного на выборе/отборе оптимальных решений для реализации последовательных стадий. При этом высока роль потребителя и основной акцент делается на удовлетворение его потребностей.

В ходе разработки и оценки перспектив внедрения абсолютно новых инновационных технологий роль потребителя ограничивается. Процесс принятия управленческих решений происходит в условиях высокой неопределенности, при этом может быть предложено использование подхода Fast Track Stage (этап ускоренного прохода) [2], учитывающего основные тренды развития современного рынка: повышение роли дизайна, практику гибкой проработки продукта (Agile-метод) с расширениями Scrum (Скрам) или Kanban (Канбан) или др., открытый обмен идеями и решениями между партнерами в условиях глобализации, использование Lead User-метода. С учетом перехода к зеленой экономике и шестому технологическому укладу при оценке перспектив внедрения и рыночного потенциала инноваций в данном случае может быть также рекомендовано использование комплексного подхода, при котором компания рассматривается в виде саморазвивающейся, стремящейся к устойчивому развитию экосистемы. При этом в условиях ограниченности ресурсов отходы рассматриваются в качестве ценного сырьевого источника, в формировании стоимости компании роль материальных активов отходит на второй план, доля и роль нематериальных составляющих неизбежно увеличивается, при анализе интегрированной отчетности немаловажной становится оценка эффективности использования природного капитала [1].

Комбинированное химико-биологического обессеривание углеводородного сырья является примером возможной инновации для предприятий нефтегазового сектора, которая в потенциале может существенно повысить экологичность и ресурсосбережение процессов переработки нефти, обеспечить отвечающее жестким требованиям более глубокое и при этом экономически доступное извлечение серы из

нефтяных фракций. Подход подразумевает проведение химического окисления серосодержащих органических соединений в составе нефти дешевым и доступным пероксидом водорода и их последующее извлечение из сырья экстракцией этанолом. Полученные и входящие в состав экстракта окисленные формы серы с использованием биокатализаторов далее могут быть конвертированы в неорганический сульфид одновременно с получением биогаза [4].

В ходе управления процессами разработки и внедрения комбинированного химико-биологического обессеривания углеводородного сырья с целью экономии средств и ресурсов может быть предложено использование комплексного подхода и практики гибкой проработки продукта Agile Kanban, подразумевающего тесное междисциплинарное сотрудничество между участниками, равномерное распределение нагрузки. При этом общий объем работ выполняется пошагово, с возможностью внесения рациональных корректировок на каждом этапе в любое время, но с ориентацией на конкретный конечный результат.

Экологичность данной разработки обусловлена возможностью вовлечения в технологический процесс биокатализаторов, экологичных реактивов (перекись водорода, этиловый спирт и т.п.) и возобновляемого сырья, в частности, отходов. Так ранее было установлено, что гидролизаты биомассы микроводоросли *Chlorella vulgaris*, оставшейся после экстракции липидов, являются субстратом, пригодным для получения биогаза в присутствии окисленных форм органических серосодержащих соединений (0,15 мМ сульфона бензотиофена) с использованием воспроизводимого искусственного микробного консорциума, состоящего из трех основных компонентов в виде иммобилизованных в криогель поливинилового спирта биокатализаторов: 80 мас% анаэробный ил (АИ), применяемый для очистки сточных вод, в частности, содержащих сульфаты, 10% клеток *Desulfovibrio vulgaris* и 10 мас% *Clostridium acetobutylicum*. При этом показан эффективный перевод окисленных форм серы в сульфид.

В ходе проведения научно-исследовательской работы на стадии биокаталитического восстановления были получены новые данные, которые могут быть в дальнейшем использованы в ходе оценки потенциала разрабатываемой комплексной технологии. Среди всевозможных отходов возобновляемого растительного сырья для включения в процесс получения биогаза при одновременной биоконверсии окисленных форм органических серосодержащих соединений отобраны и апробированы кислотные гидролизаты отходов возобновляемого растительного сырья: стеблей топинамбура, стеблей цикория, осинового и соснового опилок, свекловичного жома и багассы. В

ходе реализации экспериментов в анаэробный реактор с 0,1М фосфатным буфером вносились гидролизаты возобновляемого сырья (1 г/л ХПК), исходно растворенный в этаноле сульфон бензотиофена (0,15 мМ) и искусственный анаэробный консорциум в составе трех иммобилизованных биокатализаторов, взятых в массовом соотношении, указанном выше. Установлено, что при 35°С через 10 суток независимо от типа исходного возобновляемого сырья степень конверсии серы в сульфид составляла 100%. При этом эффективность метаногенеза составляла не менее 70%, а доля метана в биогазе – не менее 65%. Таким образом, весь спектр отобранных отходов возобновляемого сырья можно рассматривать для включения в состав разрабатываемой технологии на стадии биокаталитического восстановления окисленных форм серосодержащих органических соединений при одновременном получении биогаза, что в целом вносит положительный вклад в формирование технико-экономического потенциала разрабатываемой технологии.

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ грант 18-29-05064

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Маслова, О.В., Сенько, О.В., Слюсарев Д.А. Перспективы использования комплексного подхода при формировании экосистем в условиях перехода к экономике устойчивого развития / Хачатуровские чтения, Москва, 2019.
- 2 Лаптев, Г.Д., Шайтан, Д.К. Управление созданием прорывных продуктовых инноваций в сформировавшейся компании / Вестник Московского университета, 2015. Серия 6. Экономика, (3). 76-92.
- 3 Пчелинцева, И. Н., Лаптева, Е. А. Экономическая сущность инновационного потенциала предприятия и его составляющие. Инновационная деятельность, 2011. (4-1), 73-79а.
- 4 Анаэробные биокатализаторы в процессах трансформации сульфонов / Сенько, О.В., Маслова, О.В., Гладченко, М.А. и др. // Химические технологии функциональных материалов: материалы V Межд. Российско-Казахстанской научно-практической конф., посвященной 85-летию Казахского национального университета им. аль-Фараби. НГТУ Новосибирск, 2019. С. 14–16.