

УДК: 620.95.504.7

Е.Е. ЕРГОЖИН¹, Т.К. ЧАЛОВ¹,
Б.К. ДОНЕНОВ², А.А. МИКИШЕВА², А.Е. БАЙМОЛДИНА²

ПРИРОДНАЯ КУЛЬТУРА *BOTRYОСОССУС BRAUNII* КАК ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИСТОЧНИК УГЛЕВОДОРОДОВ

¹ АО «Институт химических наук им. А.Б.Бектурова», г.Алматы

² АО «Институт органического катализа и электрохимии им. Д.В.Сокольского», г.Алматы

(Представляется академиком Ергожиным Е.Е.)

Методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) подтверждена органическая природа происхождения горючего материала балхашита, образующегося из разложившейся биомассы микроводорослей вида *Botryosoccus Braunii*. Термическое разложение материала (около 70% массы) происходит в интервале температур от 200°C до 480°C, причем процесс происходит ступенчато с различной скоростью разложения, резко ускорясь в области температур от 380°C до 480°C. Столь значительные потери массы (70%) связаны с распадом основных компонентов балхашита – углеводородов. Различия в скоростях распада обусловлены их фракционным составом и непосредственно связаны с бензиновой, керосиновой и дизельной топливными фракциями, а также характерными только для микроводорослей *Botryosoccus Braunii* длинноцепочечными углеводородами, имеющими разветвленное и неразветвленное строение. Причем именно эти характерные углеводороды разлагаются с отличительной скоростью (потеря массы составляет более 30% массы) в узком интервале температур от 380°C до 480°C. Это связано с их близостью по химическому строению, растительной природой и более высокой длиной углеводородной цепи по сравнению с фракциями обычных топлив. Кроме того, потеря массы, происходящая с постоянной скоростью выше температуры 480°C и вплоть до 600°C, связана с термическим распадом более длинноцепочных углеводородов ряда C_nH_{2n} и C_nH_{2n-10} , где значения n может достигать от 23 до 33, называемыми ботриоценами, которые образуются из жирных кислот. Залив Алаколь озера Балхаш является единственным в мире местом, где в естественных условиях развитие этих микроводорослей происходит столь массово, что даже на берегу образуются целые отложения. Этим обосновывается целесообразность запуска комплекса по коммерциализации данной технологии с созданием полигона на берегу залива. Целями дальнейшего комплексного изучения являются исследование процесса роста культуры и разработка технологии промышленного культивирования биомассы, способной стать сырьевой базой не только для жидких моторных топлив, но и для продукции основного органического синтеза (нефтехимии) и тонкого органического синтеза.

В настоящее время в мире наблюдается острая нехватка энергетических ресурсов, обусловленная исчерпаемостью минерального сырья.

Альтернативой минеральным ресурсам среди возобновляемого сырья может стать одноклеточная биомасса. В свою очередь среди одноклеточных культур вид *Botryosoccus Braunii* имеет огромное преимущество благодаря своим способностям образовывать в значительных количествах липиды, которые в основном состоят из углеводородов подобных нефти[1].

Количество углеводородов определяется условиями роста и разновидностями *Botryosoccus Braunii*, и содержание углеводородов достигает до 86% от сухой массы [2]. Более реальным значением является содержание углеводородов, соответствующее 75% от сухой массы *Botryosoccus* [1]. Их состав зависит от расы *Botryosoccus Braunii*. Классические длинноцепочные углеводороды называются ботриоценами. Чаще всего это изопреноидные тритерпены, имеющие общую формулу C_nH_{2n-10} , где n может достигать значения до 37.

Так же впечатляет достигнутый коммерческий уровень годового сбора биомассы этой культуры, который соответствует значениям – 118 тонн/га.[3]. Хотя эта величина на несколько порядков превышает аналогичные показатели традиционных масличных культур (сои – 2 т/га; рапса – 3т/га; пальмы – 6,1т/га), она несравненно ничтожным выглядит на фоне достижения проф. Ватанабэ из Университета Цукубэ (Япония) – более 1180 тонн/га/год. Недавно к коммерческому освоению этой культуры уже приступил специально созданный консорциум Японских компаний.

Поэтому целью настоящего исследования является проведение практической оценки возможности применения природной («дикой») культуры *Botryococcus Braunii*, а также выяснение характерных особенностей и анализ результатов исследований углеводородного состава на предмет пригодности их как источника возобновляемого ресурса моторных топлив, продукции основного органического (нефтехимии) и тонкого органического синтеза (бытовой химии).

Практическая значимость и актуальность настоящего исследования продиктованы тем обстоятельством, что только в двух географических местах земного шара создавалось условия, где данный вид микроводорослей в естественных условиях произрастает такой мощной колонией, образовывая при этом на прибрежных зонах водоема громадное количество залежей горючего материала из разложившейся массы микроводорослей. Одним из таких мест является юго-западная оконечность озера Балхаш, где до сих пор условия образования залежей сохранились в отличие от другой местности, расположенной на другом континенте.

Краткая история исследования

Исторически обнаружены залежи горючих материалов, образованных из разложившейся биомассы микроводоросли *Botryococcus Braunii*, в Австралии и в Казахстане. Названия этим горючим материалам даны по месту их обнаружения – куронгит и балхашит соответственно. Куронгит был обнаружен в 1852 г в нижней части к северу от местности Куронг, именуемой в настоящее время плато Альф [4]. Однако на этом месте новообразований куронгита не происходит (см.рис.2а), из-за изменений климата. В настоящее время, в этом континенте, данная культура произрастает в естественных условиях в пресной воде, которое расположено в противоположном конце континента (Дарвинское водохранилище). Исследованиями было установлено, что выращенные в соленых (морских) водах культура обладает преимуществом.

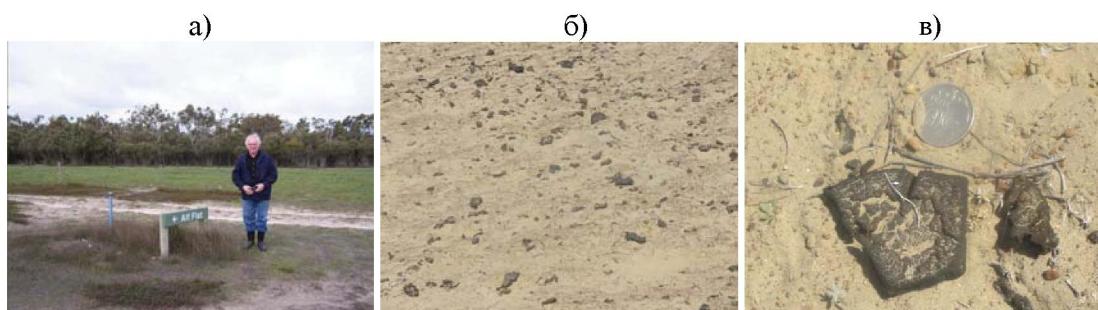


Рис. 2. а)Плато Альф; б и в) россыпи балхашита на высохшем дне залива Алаколь озера Балхаш

В отличие от куронгита балхашит, образующийся на берегах залива Алаколь озера Балхаш, существует и по сей день. Балхашит известен еще с начала XX века [5].

Образование микроводорослей происходит «в таком громадном количестве, что эта планктонная водоросль, ввиду значительного содержания в ней масла, массами всплывает на поверхность воды. В массе ее происходит сероводородное брожение, и она, в соприкосновении с воздухом, при подсыхании на берегу, превращается из черно-зеленой подвижной в желто-бурую плотную упругую, напоминающую резину и прекрасно режущуюся ножом» [6]. Химическая природа балхашита охарактеризована трудами ак. Н. Д. Зелинского и проф. Г. Л. Стадникова. Балхашиту соответствует: элементный состав – C-75,8%;H-10,9%;O-13,74%;N-0,55%; и теплотворная способность балхашита 9100 кал/кг (37,69 Дж/кг), что выше, чем у антраценового угля и на уровне нефти. Число омыления 85,7, кислотное число 41,5, эстерное число 44,2, йодное число 46,8, показатель преломления 1,4471, воды при растирании с нею поглощает 68,2% [7].

Если обнаруженный куронгит в свое время инициировал поиск нефти и бурения нефтяных скважин в Австралии, то точно также балхашит был одним из главных претендентов в зарождающей индустрии углеводородного сырья в СССР. Поэтому интерес к балхашиту, как к главному горючему материалу, пригодному для получения топлива для двигателей внутреннего сгорания, оживился к 1930 году, и АН СССР была снаряжена экспедиция к заливу Алаколь озера Балхаш» [8].

К сожалению, запасы балхашита оказались несравненно меньше, чем предполагалось на основании литературных данных. Наблюдениями на месте было установлено, что ранее образовавшийся балхашит выветривается и разрушается. Экспедицией было твердо установлено, что реальные запасы балхашита оцениваются всего десятками тонн и могут иметь лишь местное промышленное значение в качестве сырья.

Большой научный материал как водорослей, собранных в водоеме Алаколь, так и скоплений органического материала по берегу залива и образцы сформировавшегося балхашита, были подвергнуты альгологическому анализу [9, 10]. В работе Н.Н. Воронихина было дополнительно подтверждено, что балхашит образован только одним видом микроводорослей – *Botryococcus*.

Одним из самых современных исследований, посвященных балхашиту, является работа международной группы исследователей Европы, [11], где с применением самых передовых технологий и физических методов исследования однозначно было установлено, что балхашит полностью состоит из органического материала и непосредственно связан с микроводорослью *Botryococcus Brauni* расы A.

Справедливости ради следует отметить, что научные предсказания М. Залесского 1914 года – «скопления *Botryococcus Brauni* на берегах залива Алакуль проливают свет на происхождения угля боксита и на образование нефти» – были окончательно подтверждены всего год тому назад. Международной группой ученых под руководством проф. Джо Чапелла из Университета Кентукки (США) во второй половине 2011 года установлено, что во всех запасах нефти, обнаруженных на Земле, имеются биомаркеры, характеризующие одноклеточную культуру *Botryococcus Brauni*, и ее величина соответствуют 1,4% от общего количества углеводородов [12]. Таким образом, они однозначно доказали, что вся нефть на земле произошла от одной микроводоросли – *Botryococcus Brauni*.

Экспериментальная часть

Нами была изучена южная и западная часть прибрежных зон залива Алаколь с целью выяснения нынешней ситуацией процесса образования горючего материала – балхашита, а также ознакомления с условиями произрастания колонии микроводоросли. В ходе экспедиции нами на высохшем песчаном дне были обнаружены образцы балхашита. На рисунке 2б хорошо видно, что материал рассыпан в форме небольших пластин и имеет толщину от 3 до 10 миллиметров, а на рисунке 2в для сравнения положили 50-ти тенговую монету.

В настоящее время оценить истинные объемы залежей не представляется возможным. Высыхание залива происходило в значительных площадях акватории и достаточно долгое время. Места отбора проб экспедиции 1930 г отмечены на карте (Рис 3б). Как видно, в настоящее время Кошкарбай-туз находится далеко от нынешнего берега.

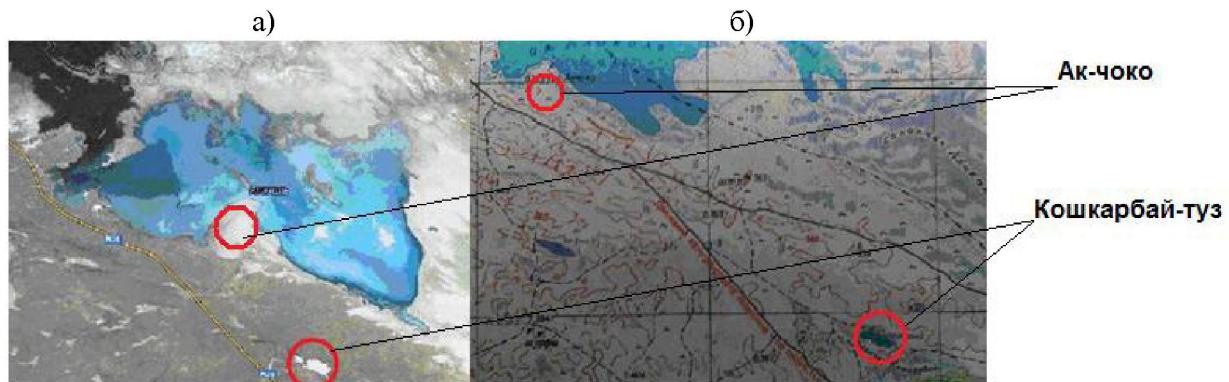


Рис.3. Места отбора проб у залива Алаколь озера Балхаш а-2012 г, б- 1980 г.

Более того, в середине 70-х гг. XX века воды в районе зоны турбазы на Акчоке не было. Вода в эту зону начала прибывать примерно пять лет тому назад. В настоящее время заполнение акватории происходит в значительном объеме (рис.3а), хотя все еще не достигло прежнего уровня. И это при условии, что в последние 10 лет идет активное заполнение залива водой.

Поэтому обнаруженный нами балхашит, скорее всего, относится к периоду времени, когда залив интенсивно подвергался иссыханию. Естественно, свежесформировавшийся балхашит остается под ежегодно прибывающей водой, которая происходит в последние десять лет.

Исследования образцов методом дифференциально-сканирующей калориметрией проводили на приборе NETZSCH STA 409 PC/ PG со скоростью сканирования $2^{\circ}/\text{мин}$.

Кроме образцов балхашита были отобраны образцы вод с живыми микроводорослями. Проведенный нами в лаборатории альгологический анализ отобранных проб воды показывал наличие культуры *Botryococcus Brauni*.

Результаты и обсуждение

Исследование термического разложения (Рис.4) образца балхашита проводили с помощью метода дифференциального сканирующего калориметра (ДСК).

Общий вид термогравиметрической кривой (TG) свидетельствует об органической природе образца, поскольку образец в значительной части подвергается термическому разложению до 500°C . В интервале температур от 50°C до 480°C происходит интенсивная потеря массы (до 70%). В этом интервале температур процесс разложения можно разбить на несколько температурных зон. Потеря массы происходит с различной скоростью разложения, особенно резко ускоряясь в области температур от 380°C до 480°C . Столь значительные потери массы образца (70%) в указанном интервале (50°C до 480°C) связаны с выделением жидких углеводородов, а различия в скоростях распада обусловлены фракционным составом углеводородов и непосредственно связаны с бензиновыми, реактивными и дизельным топливными продуктами.

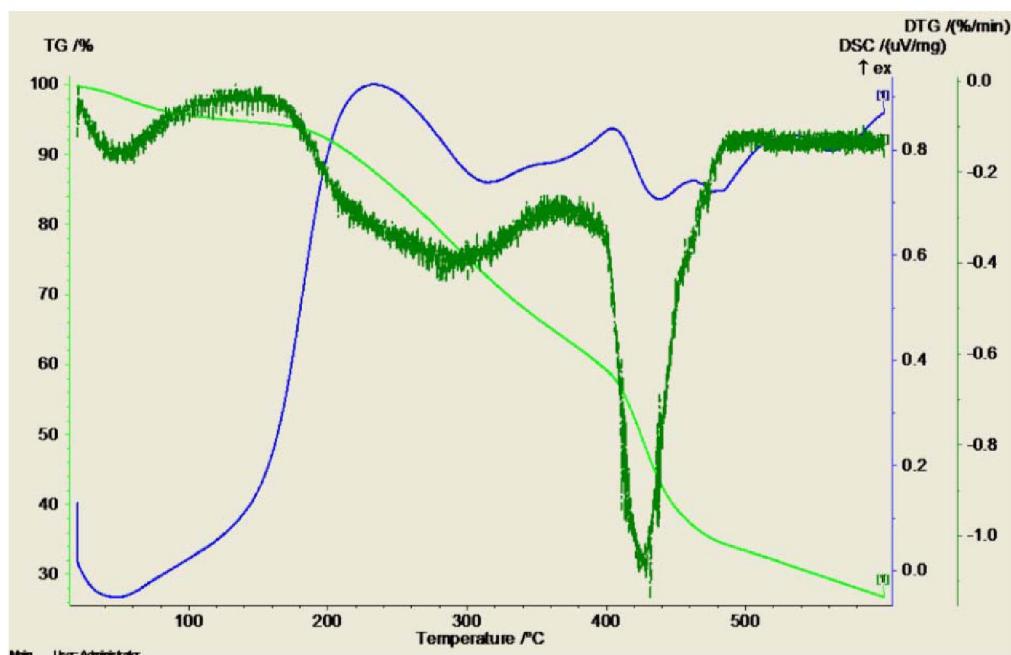


Рис.4. Дериватограмма балхашита

Более детальное развертывание дифференциально-термогравиметрических кривых (DTG) по определенным температурным интервалам позволило точно установить наличие нескольких переходов в экспериментальных кривых термогравиметрического анализа (TG). Этим переходам соответствуют температуры – 150°C , 280°C , 365°C и 425°C . Естественно, указанные величины температур соответствуют верхним пределам температур перегонок соответствующих фракций углеводородов, что является еще одним неопровергнутым доказательством того, что указанные терморазложения связаны с углеводородами. Причем скорости термического распада образца в первых двух зонах наиболее близки, что свидетельствует о близости их углеводородного состава. Первые три величины абсолютных значений температур (150°C , 280°C , 365°C) практически соответствуют верхним пределам температур возгонки традиционных углеводородов нефтяного происхождения: бензина – (60 - 180) $^{\circ}\text{C}$, керосина – (150 - 250) $^{\circ}\text{C}$ и дизельного топлива – до 350°C .

Можно предположить, что в указанных температурных зонах потеря массы связана с углеводородами, близкими по свойствам с названными фракциями топлив. Самым интенсивным потерям массы (выше 30%) соответствует интервал температур от 380°C до 480°C с характерной точкой перегиба кривой, соответствующей температуре 425°C. По нашему мнению, в этой зоне потеря массы образца связана с термическим распадом углеводородов, отличительной от ряда углеводородов дизельного топлива. Несомненно, что в заданном интервале температур подвергаются разложению углеводороды с близкими по своему химическому строению. Они способны так резко разлагаться по сравнению с топливными фракциями углеводородов в узком интервале, и вероятнее всего, имеют растительное происхождение (образованы из жирных кислот). По нашему мнению, как следует из сравнения состава углеводородов топлив различного природного происхождения, приведенных в [2], в данном интервале температур, скорее всего, термическому распаду подвергается углеводородные цепи, лежащие в пределах C₁₇ – C₂₃. Отметим, что такая характерная черта термического распада присуща только углеводородам жирнокислотного происхождения [1]. Из рис.5 наглядно видно, что фракции углеводород с числом атомов C₁₇- C₂₃ в общем составе углеводородов микроводоросли *Botryococcus Brauni* имеет значительную долю[13].

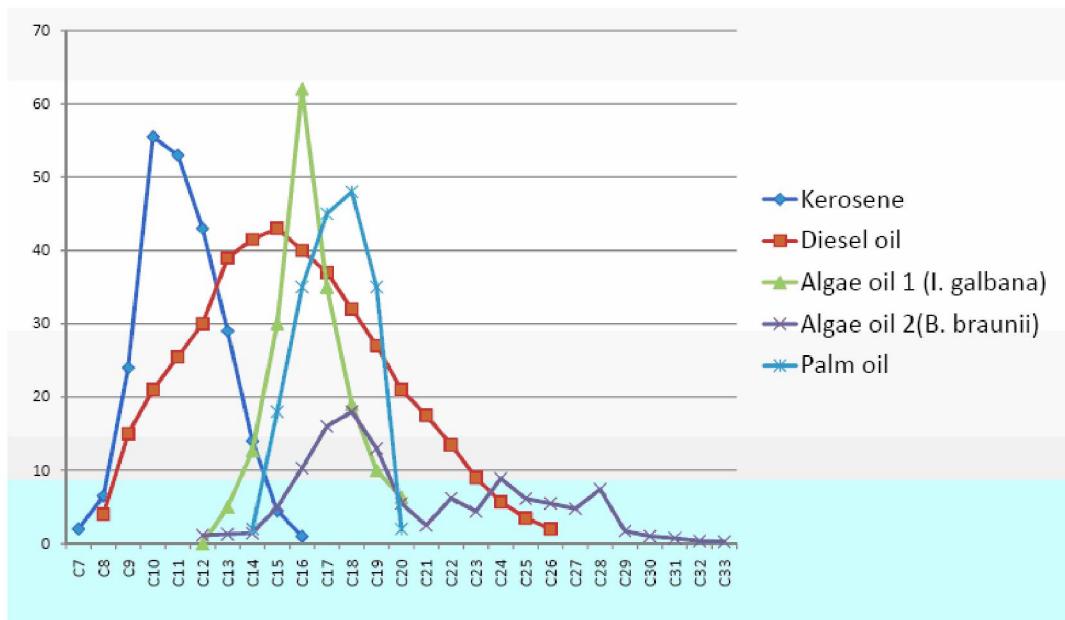


Рис. 5. Углеводородный состав масел различных культур

Дальнейшая потеря массы образца выше 480°C вплоть до 600°C происходит с постоянной скоростью. Вероятнее всего, это связано с процессом распада более длинноцепочных углеводородов, которые являются характерными только для культуры *Botryococcus Brauni*. Так как в липидах одноклеточной культуры *Botryococcus Brauni* А присутствует длинноцепочный углеводородный ряд только с нечетным числом n, начиная с 23 и до 33, то вполне понятно, почему в интервале температурных зон на кривой ДСК наблюдается нескольких пологих пиков, характеризующие ступенчатый распад молекул углеводородов состоящих из нескольких фракционных групп отличающихся длиной углеводородной цепи или разнообразием в строении молекул.

Сделанный нами анализ данных ДСК и ТГ образца балхашита хорошо коррелирует с данными термического разложения балхашита [14], в котором одновременно определялся количественные выходы газообразных (метан и водород) и жидких продуктов термической деструкции. Причем отмечено, что образующийся низкотемпературный деготь (до 350°C) имел плотность равную 0,8320 г/см³, а деготь, полученный в интервале выше – 0,8926 г/см³. Первый показатель вполне соответствует аналогичным показателям традиционных моторных топлив. Показатель 0,8926 г/см³ также близок к аналогичным показателям растительных масел микроводорослей, которые обычно принято принимать равным 0,9 г/см³.

Таблица 1. Выход углеводородов

Наименование	Газы, %	Легкая бензиновая, %	Дизельная, %	Керосиновая, %	Парафины, %	Кокс, %
Липиды культуры <i>Botryococcus Braunii</i>	-	67	15	15	-	3
Балхашит	20,8	12,5	-	54,5	13,5	-

В таблице 1 сведены данные по выходу моторных топлив, полученных путем перегонки продукта гидрокрекинга липидов, извлеченных из водорослевой биомассы из Darwin River Reservoir (Australia) [15]. Также приведены данные выхода углеводоров при сухой перегонке горючего материала балхашита [16,17]. Эти данные еще раз подтверждают, что как липиды микроводорослей *Botryococcus Braunii*, так и образованный из продуктов его разложения горючие материалы (куронит и балхашит) имеют единную природу происхождения и являются перспективными видами возобновляемых углеводородного сырья.

Заключение

Среди многочисленных одноклеточных культур только у микроводоросли *Botryococcus Braunii* липиды состоят из углеводородов подобных нефти, у других липиды, в основном, образованы триглицериидами. Более того, исследования углеводородного состава липидной составляющей одноклеточной культуры *Botryococcus Braunii* показали [18], что природа и состав образующихся липидов микроводорослей зависит как от условий культивирования, так и от конкретной расы этого вида культуры. Дико растущая культура этой микроводоросли залива Алаколь озера Балхаш несомненно обладает потенциалом для промышленного культивирования и принадлежит к расе A вида микроводорослей *Botryococcus Braunii*, для которых характерным является состав липидов, соответствующий $C_{23} - C_{33}$ с нечетным числом алкадиенов, моно-, три-, тетра-, и пентанов, которые имеют природу жирно кислотного происхождения.

Крекинг данных углеводородов образуют короткоцепочные фракции углеводородов, соответствующие фракциям моторных топлив, пригодных как для двигателей внутреннего сгорания, так и реактивным и дизельным. Также отсутствие посторонних примесей в биотопливе обеспечивает лучшие эксплуатационные свойства. Например, теплота сгорания 45,9 МДж/кг (у бензина 42 МДж/кг); показатель энергоэффективности- 6,67 (у бензина 0,81) [19]. По данным Европейского аэрокосмического концерна, при полете авиалайнера, заправленного биотопливом, выхлопные газы содержат в 8 раз меньше углеводородов и на 40% меньше оксида азота по сравнению с керосином марки Jet-A1.

Реализация этого конкурентного преимущества Казахстана позволит получать биомассу с заранее заданным составом при гарантированном круглогодичном сборе урожая на несколько порядков, превосходящих аналогичные показатели традиционных культур, что, несомненно, приведет к возникновению промышленной базы возобновляемых сырьевых ресурсов для многих отраслей промышленности. Используемый вид микроводоросли исключает существующее противоречие между пищевыми продуктами и техническими промышленными продукциями, поскольку *Botryococcus Braunii* является технической биомассой, богатой углеводородами, подобной углеводородам сырой нефти. Кроме того, культивирование *Botryococcus Braunii*, во-первых, не требует использование земли и воды, пригодных для сельскохозяйственных нужд, и, во-вторых, в качестве источника углерода в образуемой биомассе служит углекислый газ, выбрасываемый в атмосферу при сжигании нефти, газа и угля многими промышленными предприятиями. Переработка самой же массы микроводоросли производится на хорошо освоенных промышленностью стандартном технологическом оборудовании, и, наконец, выпуск продуктов ее переработки (моторных топлив) не требует замены и изменения существующего технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов.

Дальнейшие исследования по установлению сущности процесса, способствующие образованию мощных колоний культуры в естественных условиях залива Алаколь, представляет большой как научный, так и практический интерес и требует детального изучения. Целесообразность запуска комплекса по коммерциализации данной технологий с созданием полигона на берегу

залива как составная часть комплекса продиктована именно необходимостью реализаций конкурентного преимущества Казахстана. Развития технологии промышленного культивирования биомассы может привести к созданию промышленной сырьевой базой не только для жидких моторных топлив, но также для продукции основного органической синтеза (нефтехимии) и тонкого органического синтеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Banerjee A., Sharma R., Chisti Y., Banerjee U.C.* Botryococcus Brauni: A Renewable Source of Hydrocarbons and Other Chemicals // Critical Reviews in Biotechnology, 2002, 22(3)- p. 245-279 .
2. *Brown A.C., Knights B.A., Conway E.* Hydrocarbon content and relationship to physiological state in the green alga Botryococcus braunii // Phytochemistry, 1969, 8- p. 543–547.
3. http://www.asiabiomass.jp/english/topics/1106_01.html
4. Introducing Australia's first registered algal biofuels development business // The 1st Asia-Oceania Innovation Summit Dec.13, 14, 2010 Tsukuba, Japan.
5. Мейфферт Б.Ф. Очерк северного Прибалхашья и побережья западного Балхаша // СПБ, 1912.
6. Залесский М.. О природе Pila, желтых телец богхеда, и о сапропеле Алакульского залива озера Балхаш // Изв.Геол.Ком., 1914 г., XXXIII, стр.5.
7. Общая химическая технология топлива. Под редакцией С.В.Кафтанова. -Москва 1947 Ленинград, Издание второе. Государственное научно-техническое издательство химической литературы, с.15.
8. Штурм Л.Д., Низковский П. Казахстанская сапропелевая и балхашитная экспедиция // Вестник академии наук СССР, 1932, Внеочередной номер Экспедиции Академии Наук СССР в 1931 г. С.63-66.
9. Воронихин, Н.Н. Балхашит и водоросли залива Ала-куль: альгологический анализ // Всесоюз. геол.-разв. о-во ТС вып. 89. 1932.–7c.
10. Скворцов Б.В. О фитопланктоне оз.Ала-Куля // Изв. Ср – Аз. Отд. Гос. Русск. Геогр.общ. 1928 г. т.XVIII.
11. Gatellier J-P., de Leeuw J., Damste J., Derenne S., Largeau C., and Metzger P.A comparative study of macromolecular substances of a Coorongite and cell walls of the extant alga *Botryococcus Brauni* // Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume: 57, Issue: 9 (1993), p. 2053-2068.
12. Niehaus T.D., Okada S., Devarenne T.P., Wattd D.S., Sviripad V., and Chappella J. Identification of unique mechanisms for triterpene biosynthesis in *Botryococcus braunii* // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 2011 108 (30), p. 12260-12265.
13. Maekawa T. Development of Aircraft Fuels fromAlgae // Research Institute of Tsukuba Bio-Tech Corporation (<http://www.maekawabio.org/zenkoukaishiryou.pdf>).
14. Климов Б.К., Ланин В.А., Лозовой А.В. и Горохолинская М.С.Термическое разложение сапропеля, балхашита и гуминовых веществ торфа. Представлено академиком Н.П.Чижевским // Известия Академии Наук СССР, Отделение технических наук, 1942, №11-12, С. 3-10.
15. Hillen L. W., Pollard G., Wake L. V. , White N. Hydrocracking of the oils of *Botryococcus braunii* to transport fuels // Biotechnology and Bioengineering, Volume 24, Issue 1, January 1982, p. 193–205.
16. Зелинский Н. Д., О балхашском сапропелите // Нефт. и сланц. хоз., 1-3, стр. 76-83, М., 1920; 365-369.
17. Zellinsky N. D. Kunstliche Naphta aus Balchsch-Sapropeliten // Brennstoff-Chemie , Essen, 1925, B. 6, 23, p.
18. Волова Т.Г., Калачева Г.С., Жила Н.О.Специфика состава липидов двух представителей *Botryococcus*, синтезирующих жидкие углеводороды. 2003 г.// Физиология Растений, 2003, том 50, с. 703-709.
19. Brennan L., Owende P. Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products// Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14, Issue 2, February 2010, p.557–577.

REFERENCES

1. *Banerjee A., Sharma R., Chisti Y., Banerjee U.C.* Botryococcus Brauni: A Renewable Source of Hydrocarbons and Other Chemicals // Critical Reviews in Biotechnology, 2002, 22(3)- p. 245-279 .
2. *Brown A.C., Knights B.A., Conway E.* Hydrocarbon content and relationship to physiological state in the green alga Botryococcus braunii // Phytochemistry, 1969, 8- p. 543–547.
3. http://www.asiabiomass.jp/english/topics/1106_01.html
4. Introducing Australia's first registered algal biofuels development business // The 1st Asia-Oceania Innovation Summit Dec.13, 14, 2010 Tsukuba, Japan.
5. Meffert B.F. SPB, 1912.(in Russ).
6. Zalesskij M. Izw.Geol.Kom., 1914 , XXXIII,5 (in Russ).
7. Общая химическая технология топлива. Под редакцией С.В.Кафтанова. -Москва 1947 Ленинград, Издание второе. Государственное научно-техническое издательство химической литературы, с.15 (in Russ).
8. Shturm L.D., Nizkovskij P. Vestnik akademii nauk SSSR, 1932, 63-66 (in Russ).
9. Voronihin, N.N. Bsesojuz. geol.-razv. o-vo TC 1932, 89 , 7 (in Russ).
10. Skvorcov B.V. Izw. Sr – Az. Otd. Gos. Russk. Geogr.obw. 1928, XVIII (in Russ).
11. Gatellier J-P., de Leeuw J., Damste J., Derenne S., Largeau C., and Metzger P.A comparative study of macromolecular substances of a Coorongite and cell walls of the extant alga *Botryococcus Brauni* // Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume: 57, Issue: 9 (1993), p. 2053-2068.

12. Niehaus T.D., Okada S., Devarenne T.P., Watt D.S., Sviripad V., and Chappella J. Identification of unique mechanisms for triterpene biosynthesis in *Botryococcus braunii* // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 2011 108 (30), p. 12260-12265.
13. Maekawa T. Development of Aircraft Fuels from Algae // Research Institute of Tsukuba Bio-Tech Corporation (<http://www.maekawabio.org/zenkoukaishiryou.pdf>).
14. Klimov B.K., Lamin V.A., Lozovoij A.V. i Goroholinskaja M.S. *Izvestija Akademii Nauk SSSR, Otdelenie tehnicheskikh nauk*, 1942, №11-12, 3-10 (in Russ).
15. Hillen L. W., Pollard G., Wake L. V., White N. Hydrocracking of the oils of *Botryococcus braunii* to transport fuels // Biotechnology and Bioengineering, Volume 24, Issue 1, January 1982, p. 193–205.
16. Zelinskij N. D. *Neft. i slanc. hoz.*, 1-3, 76-83, M., 1920, 365-369 (in Russ).
17. Zellnsky N. D. *Kunstliche Naphta aus Balchasch-Sapropeliten* // *Brennstoff-Chemie*, Essen, 1925, B. 6, 23, p.
18. Volova T.G., Kalacheva G.S., Zhila N. *Fiziologija Rastenij*, 2003, 50, 703-709. (in Russ).
19. Brennan L., Owende P. Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products// *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 14, Issue 2, February 2010, p.557–577.

Ерғожин Е.Е., Т.К. Чалов, Дөненов Б.Қ., Микишева А.А., А.Е. Баймольдина

ТАБИГИ BOTRYOCOCCUS BRAUNII МИКРОБАЛДЫРЫ КӨМІРСУТЕГІНІЦ ӨНДІРІСТІК ҚОРЫ

Дифференциалды- сканерлік калориметр тәсілімен жаңғыш зат балхашиттің органикалық заттан пайда болғаны дәлелденді. Ол микробалдырлардың *Botryococcus Braunii* түрінің бөлінуінен пайда болады. Материалдың термиялық бөлінуі 200 °C-ден 480 °C температура аралығында жүреді. Бұл үрдіс әртүрлі жылдамдықта өтеді, есіресе 380 °C пен 480 °C температура аралығында жылдамдық күрт артады. Массаның күрт төмендеуі (70%) балхашиттің негізгі құрамы – көмірсугегінің бөлінуіне байланысты. Бөліну үрдісінің жылдамдықтары айырмашылығы оның фракциялық құрамына және *Botryococcus Braunii* микробалдырының молекулалық құрылсынына байланысты. Көмірсугегінің осы түрінің бөлінуі өзгеше жылдамдықта өтуі (массаның төмендеуі 30%-дан жоғары) 380 °C-дан 480 °C температура аралығында жүреді. Бұл құбылыс молекуландың химиялық құрылсының бір-біріне жақындығына, есү табиғатына және қарапайым жанаармайдың фракцияларымен салыстырғанда молекула құрылсының ұзын болуына байланысты. Оған қарамастан массаның төмендеуі түркіткі жылдамдықта жүретін және 480 °C дан 600 °C дейінгі температурада жүретін молекулалық құрылсы C_nH_{2n} және C_nH_{2n-10} формуласына сай көмірсугегінің бөлінуіне байланысты (п мағынасы 23тен33 ке дейін болуы мүмкін). Қарапайым жағдайда осы микробалдырлардың дамуы өте жоғары деңгейде өтетін әлемдегі жалғыз жер – Балхаш көлінің Алакөл шығанағы болып табылады. Бұл жағдай осы технологияның коммерциаландыру кешенімен қатар жағалауда полигон салудың негізгі мақсаты болып табылады. Биомасса тек жанаармайдың негізі ғана емес органикалық синтездің де негізі бола алады. Сондықтан алдағы зерттеу мақсатымыз осы микробалдырлардың есү жағдайларын анықтау мен оны көбейту болып табылады.

Donenov B.K., Mikisheva A.A., Baimoldina A.E., Bishimbayeva G.K., Chalov T.K.

NATURAL CULTURE BOTRYOCOCCUS BRAUNII AS INDUSTRIAL SOURCE OF HYDROCARBONS

By the method of differential scanning calorimeter (DSC) confirmed the origin of organic nature of combustible material balhashit formed from decomposed biomass of microalgae species *Botryococcus Braunii*. Thermal decomposition of the material (about 70% by weight) is in the range from 200 °C to 480 °C, the decomposition process occurs in steps at different rates of decomposition, accelerated sharply in the temperature range from 380 °C to 480 °C. Equally significant weight loss (70%) are associated with the collapse of the main components of balhashit – hydrocarbons. Differences in the rates of decay due to their fractional composition, and directly related to gasoline, kerosene and diesel fuel fractions, as well as unique to microalgae *Botryococcus Braunii* long-chain hydrocarbons having branched and unbranched structure. And it is these specific hydrocarbons are decomposed with a distinctive rate (weight loss of more than 30% by weight) in a narrow temperature range (from 380 °C to 480 °C). This is due to the proximity of their chemical structure, the nature of the plant and higher hydrocarbon chain length compared to conventional fuels fractions. In addition, weight loss, occurring at a constant speed above the temperature of 480 °C and up to 600 °C, associated with thermal decomposition of hydrocarbons over a series long-chain C_nH_{2n} and C_nH_{2n-10} , where n can reach values of 23 to 33., called botryocenes. which are formed from fatty acids. This is due to the proximity of their chemical structure, the nature of the plant and higher hydrocarbon chain length compared to conventional fuels fractions. Alakol Bay of Lake Balkhash is the only place where the natural conditions, the development of these algae is so massive that even the whole bank deposits are formed. This substantiates the feasibility of launching complex for the commercialization of this technology with the creation of the landfill on the shores of the bay. The objectives of the study are further integrated study of the process of growth and development of technology of industrial biomass cultivation that can become a source of raw materials not only for liquid motor fuels, but also for the production of basic organic synthesis (petrochemicals), and fine organic synthesis.