

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ДРОЖЖЕЙ

М.Б. Ребезов, Г. В. Карпова, Р.Р. Зайнутдинов

Проведена идентификация моделей проблемы «аспирационные системы переработки растительных отходов – производство гидролизных дрожжей». В работе представлен анализ технологических моделей синтеза кормовых дрожжей и систем аспирации. Методы компонентного анализа позволили выявить виды сырья для гидролизной переработки аспирационных отходов и дальнейшей ферментации дрожжей.

Ключевые слова: биотехнология, гидролиз, дрожжи.

Аспирационные отходы, содержащие полисахариды, как и отходы растительного происхождения, могут применяться после ферментативного или кислотного гидролиза в качестве сред для культивирования дрожжей.

Нами рассматривается возможность переработки аспирационных отходов предприятий, использующих углеводсодержащее сырьё, в дрожжевую массу.

Целью дальнейших исследований являлась разработка технологии перевода аспирационных отходов (пылей) зерноперерабатывающих предприятий во вторичный материальный ресурс в виде биомассы дрожжей [1–3, 8, 9]; изучение возможности получения редуцирующих веществ из легко- и трудногидролизуемых углеводов аспирационной пыли (отходов) и получение питательных сред для культивирования дрожжей [4].

В настоящее время стали широко использовать методы моделирования для различных объектов, особенно для биотехнологической промышленности. Любая сложная проблема может быть представлена в более упрощенном виде, что, соответственно, достигается благодаря применению методов системного анализа, идентификации и моделирования объектов реального сектора хозяйственной деятельности человека в области биотехнологии.

Алгоритм идентификации модели сводится к следующим этапам: выбор структуры модели из физических соображений (связь систем получения кормовых дрожжей и повышения); оценивание параметров (параметры химического состава аспирационных пылей и выход, т. е. продуктивность производства дрожжевой массы); проверка модели (опреде-

ление полученных результатов); использование модели (в прикладной биотехнологии).

Под идентификацией стоит понимать как определение класса системы и определение характеристик входа и выхода системы. В нашем случае используются методики оценок параметров систем. Под оцениванием параметров подразумевается экспериментальное определение значений параметров, характеризующих динамику поведения объекта, в предположении, что структура модели объекта известно. В нашем случае структура в общем виде известна: это связь двух систем – системы получения гидролизных дрожжей и системы сбора аспирационных отходов на примере предприятия «Хлебопродукт-1» (рис. 1).

На рис. 1 в общем виде объективно видны общие связи системы, т. е. это масса (M_n) поступающих аспирационных пылей (мучных и зерновых пылей) и масса прироста (ΔM_d) дрожжей в период роста. Данные системы – это реальные объекты, при взаимодействии которых возможно получение повышения продуктивности производства кормовых дрожжей, нам необходима формулировка модели. Модель позволит установить связи в системах, позволит провести предварительные расчеты, которые можно оценить потом в результате апробации научной работы.

Каждая система должна пройти определенную декомпозицию системы, т. е. получение моделей, позволяющих характеризовать каждый процесс в отдельности, что производится для простоты изучения проблемы и эффективности существования каждого процесса и оценивания его параметров. Каждый элемент системы выглядит как на рис. 2.

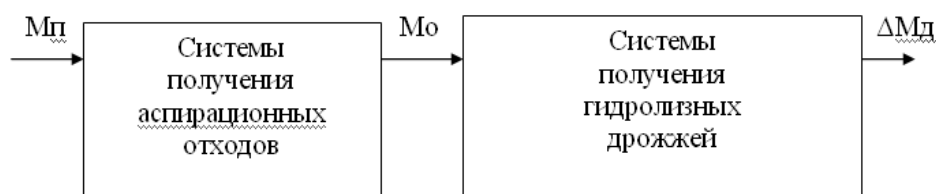


Рис. 1. Взаимосвязь систем получения гидролизных дрожжей и формирования аспирационных отходов

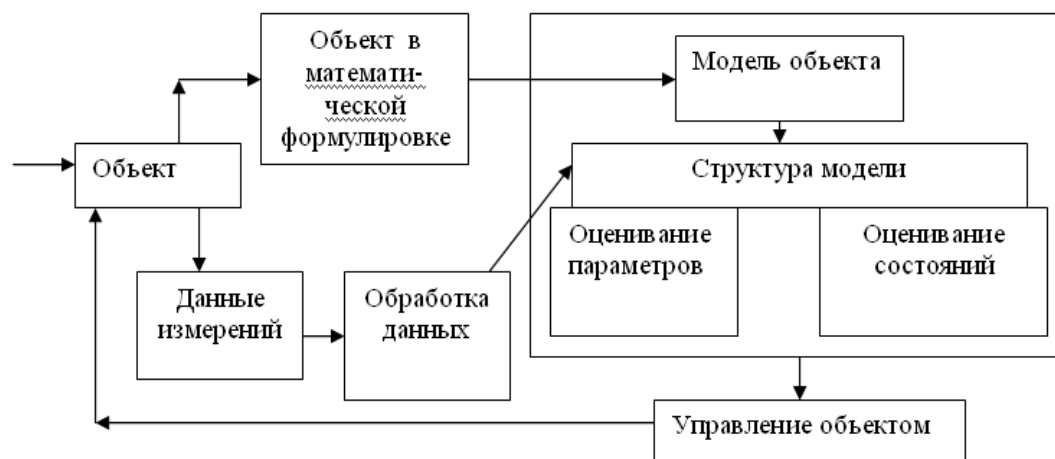


Рис. 2. Модель объекта и реальный объект

На основе рис. 2 реальный объект – это результат эффективности получения гидролизных дрожжей на основе углеводов аспирационных отходов зерноперерабатывающих предприятий. Цель управления – использование углеводных ресурсов аспирационных пылей зерноперерабатывающих предприятий для подготовки питательных сред для культивирования кормовых дрожжей или хлебопекарных дрожжей. В свою очередь кормовые дрожжи используются для получения кормов для животных или в хлебопечении, если культивируется хлебопекарная биомасса дрожжей. Система «аспираторные системы переработки растительных отходов – производство гидролизных дрожжей» состоит из ряда моделей, изображенных на рис. 3.

В данную систему входит модель «Накопление аспирационных пылей», «Гидролиз углеводов аспирационных пылей», «Ращение кормовых дрожжей», «Получение комбикорма для кормления животных на основе дрожжей, полученных гидролизным способом или получение хлебопекарных дрожжей».

Проведенная декомпозиция системы позволяет рассматривать сложный процесс в

более упрощенном виде, но для полноты знаний о каждой модели необходимо провести анализ каждой технологической модели.

Достаточно широко используют метод математического моделирования, как рассмотренные изучаемых объектов (практически на всех стадиях в качестве разновидностей сложных систем) при проектировании технологических объектов.

Качество и количество перерабатываемого технологическим объектом материала (т. е. аспирационной пыли) зависит от характера потребления и перераспределения энергии, передаваемой отходам зерноперерабатывающих предприятий (пыли) в рабочем пространстве аппарата.

Рассматриваемые математические модели, описывающие технологические процессы переработки отходов (пыли) для производства дрожжей, представляют собой системы, описывающие передачу энергии по установленным связям между элементами процесса и с окружающей средой.

Системы в общем случае зависят от времени и относятся к динамическим. Внутренняя характеристика системы отражает изменения



Рис. 3. Система «аспирационные системы переработки растительных отходов - производство гидролизных дрожжей»

состояния систем во времени. Внутренняя характеристика системы определяет текущее значение параметров эффекта.

Внутренней характеристикой технологического процесса удобнее всего выбрать функцию концентрации вещества и результат прироста биомассы дрожжей. Например, для описания процесса гидролиза углеводов аспирационных пылей или накопления аспирационных отходов, внутренней характеристикой удобно принять химический состав пылей (количество образующихся аспирационных отходов).

Примем в качестве гипотезы, что подвергаемые синтезу математические модели каждой операции технологического процесса должны описывать химическое и биологическое состояние обрабатываемого материала в рабочем пространстве. Такие модели включают модель свойств материала, которая наиболее достоверно проявляется при исследуемых воздействиях.

Согласно этой гипотезе параметры эффективности оптимизируемого технологического процесса выводятся из химических показателей состояния обрабатываемого материала и прироста биомассы гидролизных дрожжей.

Представленная структура математической модели позволяет рассматривать взаимодействия рабочего пространства гидролиза углеводов растительных отходов и ферментации кормовых дрожжей в дальнейшем с использованием для получения кормов или хлебопекарных дрожжей, не накладывая ограни-

чения на изменение внутренней характеристики рассматриваемой системы во времени.

Структура математической модели технологического объекта представлена на рис. 4.

Она состоит из системы математических моделей, необходимых для проведения векторной оптимизации, и базы данных [5, 7, 10].

Множество T технологических параметров процесса гидролиза аспирационных пылей и рращения дрожжей, являющихся в данном случае управлениями, является основой базы данных. Множество T сформировано из технологических требований к технологическому процессу и управляет внешними величинами математической модели, которые разделены на четыре множества параметров:

- множество параметров химических свойств аспирационных пылей M ;
- множество кинетических параметров процесса K ;
- множество структурных параметров движения материальных потоков P ;
- множество биологических параметров ферментации и роста дрожжей G .

В системе математических моделей в качестве исходных данных передаются следующие векторы:

- вектор параметров свойств m обрабатываемых отходов (аспирационных пылей) из множества допустимых альтернатив M ;
- вектор кинетических параметров процесса k из множества допустимых альтернатив K ;
- вектор структурных параметров дви-

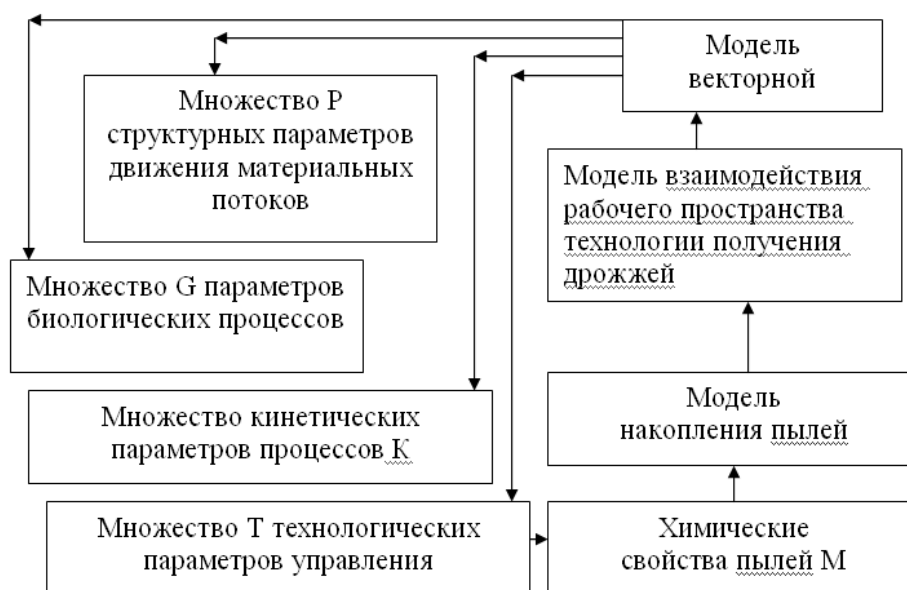


Рис. 4. Структура математической модели технологического объекта

жения материальных потоков p (не выражаемых в единицах измерения геометрических величин) из множества допустимых альтернатив P ;

– вектор биологических процессов взаимодействия g из множества допустимых альтернатив G .

Вектор m должен содержать необходимое количество информации для построения замкнутой модели свойств преобразования веществ в результат, отражающийся на продуктивности получения дрожжей.

Векторы K , P , G и результаты вычислений по модели свойств должны обеспечить замкнутость ядра системы – модели ее химического и биологического состояния. Для технологических процессов эта модель описывает материальные потоки веществ, которыми обрабатываемый материал обменивается с рабочим пространством. Например, для процесса гидролиза и ферментации эти потоки выражены через движение материальных потоков веществ и преобразование в биомассу дрожжей.

Таким образом, химический состав аспирационных пылей есть внутренняя характеристика системы. В свою очередь, внутренняя характеристика системы оказывает влияние на модель свойств обрабатываемого материала. Внутренняя характеристика системы позволяет использовать модель векторной оптимизации.

Структура математической модели векторной оптимизации, которая представлена на рис. 5, состоит из трех элементов.

Модель параметров эффекта на основе внутренней характеристики системы формирует параметры эффекта, необходимые и достаточные для проведения параметрического синтеза.

Множество параметров эффекта W_l может быть представлено в виде:

$$W_l = W_l(M, K, P, G), \quad (1)$$

где l – множество качеств и свойств технического объекта.

Эти параметры эффекта должны характеризовать масштаб и эффективность технологического процесса, а также качество получаемого в процессе рашения дрожжей.

По результатам исследований В.Г. Гмошинского для технологического потока принятый уровень доверительной вероятности может составлять 80 %. В связи с этим количество параметров эффекта может не превышать пяти. Параметры эффекта имеют многоуровневую структуру [6].

На I уровне – параметры эффекта, определяемые непосредственно из внутренней характеристики системы; химический состав аспирационных пылей, состав среды для рашения дрожжей, основные параметры состава питательной среды для рашения дрожжей.

На II уровне находятся параметры эффекта, определяемые с помощью параметров эф-



Рис. 5. Элементы математической модели векторной оптимизации

фекта I уровня, к ним относится выход дрожжей и прирост.

На III уровне расположен коэффициент полезного действия процесса – прирост биомассы, определяемый с помощью параметров эффекта II уровня. Под коэффициентом полезного действия понимается отношение полезно израсходованной на обработку аспирационных пылей энергии ко всей энергии, проходящей через рабочее пространство.

Оптимизация параметров эффекта технологического процесса сводится к отысканию максимума коэффициента III уровня при выполнении ограничений, наложенных на параметры эффекта I и II уровней [6].

Ограничения параметров эффекта имеют вид:

$$W_i \leq W_b^d, \quad (2)$$

$$W_i^k \leq W_i \leq W_i^d, \quad (3)$$

$$W_i^n \leq W_b, \quad (4)$$

где W_b , W_i^k , W_b , W_i^d – возможные уровни ограничения параметров эффекта.

Ограничения на параметры эффекта не накладывают в том случае, если проводится имитационное моделирование.

При проведении оптимизации или выбранного из других предпосылок при имитационном моделировании используют модель анализа участка поверхности параметров эффекта при условии удовлетворяющего наложенным ограничениям параметров эффекта.

Для достижения глобального оптимального проектного решения вызывает необходимость изменение определенным образом векторов m , k , p , g , формирующих внутреннюю характеристику системы.

Структурно-параметрический синтез технологического объекта по разработанной математической модели может быть произведен на множествах M , K , P и G . Следует отметить, что членами этих множеств могут быть толь-

ко величины, входящие во внутреннюю характеристику системы. Поэтому необходимо определиться с моделированием компонентов системы, т. е. каждого процесса, и это необходимо проводить в соответствии с определенным алгоритмом [6].

Выводы по работе

1. Проведена идентификация моделей проблемы «аспирационные системы переработки растительных отходов – производство гидролизных дрожжей», т. е. выявлена методика идентификации модели в целом и проведена общая декомпозиция моделей в системе.

2. Проведен анализ технологических моделей синтеза гидролизных дрожжей и систем аспирации, что позволяет нам анализировать эти процессы в пространстве и во времени. Применение критериев оптимизации и вероятностных процессов существования технологических процессов должно в итоге максимизировать продуктивность рачения и получения дрожжей на основе применения процессов гидролиза углеводов.

3. Выявлен анализ компонентов системы, которые состоят из преобразующих, сортирующих и процессов обратной связи. Методы компонентного анализа позволили более явно выявить виды сырья для гидролизной переработки аспирационных пылей зерноперерабатывающих предприятий и дальнейшей ферментации дрожжей.

4. Приведена модель «накопления аспирационных пылей» на зерноперерабатывающих предприятиях и проведена теоретическая и экспериментальная оценка накопления пылей, выявлены потоки и способы накопления аспирационных пылей.

Литература

1. Зайнутдинов, Р.Р. Культуральные свойства дрожжей, полученных на основе

аспирационных отходов зерноперерабатывающих предприятий / М.Б. Ребезов, Р.Р. Зайнутдинов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2013. – Т. 1, № 1. – С. 4–8.

2. Зайнутдинов, Р.Р. Кислотный гидролиз полисахаридов аспирационной пыли зерноперерабатывающих предприятий / Р.Р. Зайнутдинов, М.Б. Ребезов, Н.Н. Максимюк // Современная наука: теория и практика: электронный научный журнал филиала ГОУ ВПО «Байкальский гос. университет экономики и права» в г. Якутск. – Якутск: БГУЭП, 2010. – Т. 1, 1. – С. 108–117.

3. Альтернативные источники белка, получаемые на основе реакций гидролиза из углеводов отходов зерновых культур / Т.М. Мальгина, Р.Р. Зайнутдинов, Ю.И. Габзалилова и др. // Экономика и бизнес. Взгляд молодых: мат. международной. заочной научн.-практ. конф. молодых ученых, 3 декабря 2012 г. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – С. 257.

4. Способ получения хлебопекарных дрожжей / М.Б. Ребезов, Р.Р. Зайнутдинов, Н.Н. Максимюк и др. // Патент на изобретение РФ № 2466183 от 10.11.2012. Приоритет изобретения 20.12.2010.

5. Карпова, Г.В. Аспирационная пыль зерноперерабатывающих предприятий как источник легкоусваиваемых углеводов для ферментации дрожжей / Г.В. Карпова, Р.Р. Зайнутдинов // Вестник Оренбургского государ-

ственного университета. – 2002. – № 3. – С. 95.

6. Модель процесса кислотного гидролиза углеводов аспирационной пыли зерноперерабатывающих предприятий / Р.Т. Абдрашитов, Г.В. Карпова, Т.К. Зайнутдинова, Р.Р. Зайнутдинов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 8. – С. 28.

7. Идентификация моделей управления процессами гидролиза / Р.Р. Зайнутдинов, А.В. Быков, М.К. Молчанов и др. // Материалы региональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – 2004. – С. 43–44.

8. Идентификация моделей управления процессами ферментации дрожжей на основе гидролизных сред из аспирационной пыли зерноперерабатывающих предприятий / Г.В. Карпова, Р.Р. Зайнутдинов, М.К. Молчанов, Т.К. Зайнутдинова // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 1. – С. 76–77.

9. Карпова, Г.В. Способ производства кормовых дрожжей / Г.В. Карпова, Р.Р. Зайнутдинов, Т.К. Зайнутдинова // Патент на изобретение РФ № 2399291 от 20.09.2010. Приоритет от 28.07.2008.

10. Зайнутдинов, Р.Р. Микробиологические ресурсы, получаемые на основе отходов зерноперерабатывающих предприятий / Р.Р. Зайнутдинов, Т.К. Зайнутдинова // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 6. – С. 53.

Ребезов Максим Борисович. Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная биотехнология» Института экономики, торговли и технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), rebezov@ya.ru.

Карпова Галина Викторовна. Доктор биологических наук, профессор, кафедра общей биологии, Оренбургский государственный университет (г. Оренбург), uo@mail.osu.ru.

Зайнутдинов Рамиль Равильевич. Преподаватель ГАОУ СПО «Колледж сервиса» (г. Оренбург), rbio@ya.ru.

Поступила в редакцию 24 апреля 2014 г.

ANALYSIS OF YEAST PRODUCTION PROCESS MODELS

M.B. Rebezov, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

G.V. Karpova, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

R.R. Zaynutdinov, College of Services, Orenburg, Russian Federation

The identification of models of the problem “aspiration systems of processing plant waste - hydrolysis yeast production” is carried out. The paper presents the analysis of models of fodder yeast synthesis and aspiration systems. The methods of component analysis have made it possible to reveal raw materials for hydrolysis processing of aspiration waste and further yeast fermentation.

Keywords: biotechnology, hydrolysis, yeast.

References

1. Zaynutdinov R.R., Rebezov M.B. Cultural Properties of Yeast Derived from Aspirating Waste Grain Processing Enterprises. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2013, vol. 1, no. 1, pp. 4–8. (in Russ.)
2. Zaynutdinov R.R., Rebezov M.B., Maksimyuk N.N. [Acid Hydrolysis of Polysaccharides of Aspiration Dust in Grain Processing Enterprises]. *Sovremennaya nauka: teoriya i praktika* [Modern Science: Theory and Practice: Electronic Scientific Journal of the Branch of Baikal State University of Economics and Law in Yakutsk]. Yakutsk, 2010, vol. 1, no. 1, pp. 108–117. (in Russ.)
3. Mal'gina T.M., Zaynutdinov R.R., Gabzalilova Yu.I., Batrakov T.O., Rebezov M.B. [Alternative Sources of Protein Obtained through the Hydrolysis of Carbohydrates of Cereals Waste]. *Ekonomika i biznes. Vzglyad molodykh: mat. mezhdunarodnoy. zaochnoy nauchn.-prakt. konf. molodykh uchenykh* [Economics and Business. Ideas of Young People: Proceedings of the International Scientific and Practical Videoconference of Young Scientists]. Chelyabinsk: South Ural St. Univ. Publ., 2012, pp. 257. (in Russ.)
4. Rebezov M.B., Zaynutdinov R.R., Maksimyuk N.N., Naumova N.L., Khayrullin M.F. e. a. *Sposob polucheniya khlebopekarnykh drozhzhey* [Method for Producing Baker's Yeast]. Patent RF no. 2466183 of 10.11.2012. . Invention priority as of 20.12.2010.
5. Karpova G.V., Zaynutdinov R.R. [Aspiration Dust of Grain Processing Enterprises as a Source of Digestible Carbohydrates for Yeast Fermentation]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2002, no. 3, pp. 95. (in Russ.)
6. Abdrashitov R.T., Karpova G.V., Zaynutdinova T.K., Zaynutdinov R.R. [Model of the Acid Hydrolysis Process for Carbohydrates of Aspiration Dust in Grain Processing Enterprises]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials], 2002, no. 8, pp. 28. (in Russ.)
7. Zaynutdinov R.R., Bykov A.V., Molchanov M.K., Zaynutdinova T.K., Mantrov A.V. [Identification of Models of the Hydrolysis Process Control]. *Materialy regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov* [Proceedings of the Regional Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists], 2004, pp. 43–44. (in Russ.)
8. Karpova G.V., Zaynutdinov R.R., Molchanov M.K., Zaynutdinova T.K. [Identification of Models of the Yeast Fermentation Control Based on Hydrolysis Media from Aspiration Dust of Grain Processing Enterprises]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern High Technologies], 2004, no. 1, pp. 76–77 (in Russ.)
9. Karpova G.V., Zaynutdinov R.R., *Sposob proizvodstva kormovykh drozhzhey* [Method of Fodder Yeast Production]. Patent RF no. 2399291 of 20.09.2010. Priority as of 28.07.2008.
10. Zaynutdinov R.R., Zaynutdinova T.K. [Microbiological Resources Received from the Waste of Grain Processing Enterprises]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2006, no. 6, pp. 53. (in Russ.)

Rebezov Maxim Borisovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, head of Applied Biotechnology Department of the Institute of Economy, Trade and Technology, South Ural State University, Chelyabinsk, rebezov@ya.ru

Karpova Galina Viktorovna, Doctor of Biological Sciences, professor, Department of General Biology, Orenburg State University, Orenburg, uo@mail.osu.ru

Zajnutdinov Ramil Ravilevich, lecturer, State Autonomous Educational Institution of Secondary Vocational Education “College of Services”, Orenburg, pbio@ya.ru

Received 24 April 2014