

Рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена между биологическими показателями активного ила разных по технологическому режиму аэротенков очистных сооружений канализации г. Гродно и исходными показателями поступающих на очистку городских сточных вод. Наибольшее количество прямых тесных корреляционных связей установлено между содержанием нитчатых микроорганизмов в аэротенке 6-А и концентрациями хлоридов ($r=0,78$), фосфатов ($r=0,84$) и СПАВ анионактивных ($r=0,71$) в сточных водах, что указывает на склонность к нитчатому вспуханию ила при данном типе аэрации в условиях колебания состава сточных вод.

Таким образом, установлено, что нитчатое вспухание активного ила является характерной проблемой городских очистных сооружений канализации. В разных по технологическому режиму аэротенков выявлены отличия в иловом индексе, площади хлопьев активного ила, количестве и размерах нитчатых микроорганизмов. По комплексу биологических показателей активного ила установлена наименьшая вероятность протекания нитчатого вспухания в аэротенках с мелкопузырчатой придонной аэрацией через дисковые диффузоры с выделением аноксидной зоны. В аэротенках со среднепузырчатой аэрацией через трубчатые диффузоры, расположенные по всему днищу с вынесенным в центр плечом аэратора, выявлена нестабильность функционирования активного ила.

Список использованных источников

1. Tandoi, V. Activated Sludge Separation Problems: Theory, Control Measures, Practical Experiences / V Tandoi, D Jenkins, J Wanner. – 2006. – 340 p.
2. Харькина, О.В. Проблемы эксплуатации сооружений очистки сточных вод и их решения: вспухание и пенообразование активного ила / О.В. Харькина, С.В. Харькин // Справочник эколога. – 2015. – № 2. – С. 85–96.
3. Плотников, М.В. Дисфункционирование сооружений аэробной биологической очистки сточных вод : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.01.06 / М. В. Плотников ; ФГБНУ «Всероссийский научно-издательский и технологический институт биологической промышленности» ФАНО России – Щелково, 2014. – 29 с.
4. Жмур, Н. С. Комплект методик по гидрохимическому контролю активного ила: определение массовой концентрации активного ила, илового индекса, зольности сырого осадка, активного ила, прозрачности надильной воды / Н. С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2008. – 39 с.
5. Методическое руководство по гидробиологическому контролю нитчатых микроорганизмов активного ила. ПНД Ф СБ 14.1.92-96. – М., 1996.

УДК 628.381.1

И.В. Войтов, д-р техн. наук; В.Н. Марцуль, канд. техн. наук
БГТУ, г. Минск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Достижение целей ООН в области устойчивого развития невозможно без кардинального повышения эффективности использования ресурсов всех видов. При этом «линейная экономика», которая базируется на предпосылке, что ресурсы доступны и имеются в больших количествах, должна уйти в прошлое. Жизненно важным является смещение акцентов не просто на безопасное избавление от отходов, а на производство на их основе таких ресурсов, как энергия, материалы, почва и вода. «Экономика замкнутого цикла» (циклическая экономика) – концепция, которая обеспечивает сохранение, как можно дольше, прибавочной стоимости продукции и устранение отходов. Такая экономика призвана изменить классическую линейную модель производства, концентрируясь на продуктах и услугах, которые

минимизируют отходы и другие виды загрязнений. Основные принципы экономики замкнутого цикла основаны на возобновлении ресурсов, переработке вторичного сырья, переходе от ископаемого топлива к использованию возобновляемых источников энергии. Переходу на экономику замкнутого цикла способствует развитие информационных, сенсорных технологий и распространение сетей что позволяет отследить жизненный цикл продукта и все связанные с ним материальные и энергетические потоки.

Переход на экономику замкнутого цикла может приносить мировой экономике ежегодно до 1 трлн. долл. США к 2025 г.; в ближайшие пять лет может обеспечить создание до 100 тыс. новых рабочих мест, предотвратит; появление до 100 млн. тонн отходов (Доклад фонда ЭлленМакартур и консалтинговой компании McKinsey&Company, (http://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/index_en.htm)). Переход к экономике замкнутого цикла не ограничивается определенными материалами или секторами. Это системное изменение, которое затрагивает всю экономику и включает в себя все продукты и услуги. Необходимость введения экономики замкнутого цикла для Европы обусловлена ограниченностью ресурсов некоторых видов сырья; зависимостью европейской экономики от импорта сырья (высокие цены, переменчивость рынка, нестабильная политическая ситуация в некоторых странах); снижением конкурентоспособности европейских экономик на мировом рынке.

Основные положения экономики замкнутого цикла нашли отражение в документах ЕС, принятых в 2014-2015гг. и получили дальнейшее развитие в последующие годы. Экономика замкнутого цикла позволяет компаниям добиваться существенных экономических выгод и стать более конкурентоспособными, обеспечивает значительную экономию энергии и защиту окружающей среды, создает рабочие места и возможности для социальной интеграции.

Такая экономика имеет сильную синергию с целями ЕС в области климата и энергетики и с недавно принятой программой «Чистая энергия для всех европейцев» (<https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>). Единого общепризнанного показателя «цикличности» не существует. Одним из способов представления цикличной экономики страны, региона является диаграмма материальных потоков, которая показывает все сырьевые материалы (агрегированные, сгруппированные по категориям) по всей экономике, от их добычи до их превращения в отходы. Очистные сооружения канализации (ОСК), кроме традиционной роли, заключающейся в обеспечении соблюдения норм, установленных для очищенных сточных вод, в контексте экономики замкнутого цикла рассматриваются в качестве объектов, производящих ресурсы и энергию.

В области производства ресурсов ОСК могут обеспечивать производство воды для последующего использования, углеводородного сырья, углерода, производство азотных и фосфорных удобрений, органоминеральных удобрений. В области производства энергии ОСК за счет использования энергетического потенциала неочищенных, очищенных сточных вод и осадков могут обеспечить производство электрической и тепловой энергии; производство твердого топлива и биометана; производство жидкого топлива.

Ключевую роль в переходе ОСК на принципы циркуляционной экономики играют используемые варианты обращения с осадками очистных сооружений. Выбор вариантов зависит от многих факторов, в числе которых уровень научных и технических достижений, принятая политика и стратегия в области водоотведения и использования осадков, требования законодательства, доступность финансовых средств. Среди важнейших положений политики и стратегии в области обращения с осадками прекращение захоронения осадков ОСК, обязательность обработки осадков перед их использованием на земле, увеличение количества осадков коммунальных стоков, подвергаемых термической переработке, стремление к максимальному использованию биогенных веществ, содержащихся в осадках при одновременном выполнении всех требований санитарной, химической и экологической безопасности. Однако существующая тенденция увеличения количества осадков с запретом на их захоронение при отсутствии соответствующих технических и технологических решений может серьезно обострить проблему.

Повышение энергетической эффективности ОСК обеспечивается за счет повышения эффективности процесса сбраживания с применением установки термического гидролиза; совместного сбраживания осадков с органическими отходами (когенерация); модернизации узла обезвоживания сточных осадков с целью улучшения эффективности обезвоживания; использования более эффективных процессууплотнения и обезвоживания осадков; использования эффективного и безопасного оборудования для сушки осадков с получением топлива; использования эффективных и безопасных установок термической переработки осадков; применения агрегатов когенерации для производства электроэнергии и тепла.

В контексте повышения энергетической эффективности ОСК большое внимание уделяется совершенствованию процессов анаэробного сбраживания осадков. Анаэробное сбраживание считается одним из самых привлекательных способов производства возобновляемых энергетических ресурсов с точки зрения эффективности и стоимости. В связи с этим наблюдается постоянно растущий интерес к использованию различных субстратов, содержащих органические вещества, для получения метана. Выбор технологии и оборудования для анаэробного сбраживания невозможно произвести без информации о количестве биогаза, в том числе метана, которое может быть произведено из конкретного субстрата в определенных условиях проведения процесса. Практически все работы, которые выполняются в этой области исследований, нацелены на получение такой информации. В литературе в качестве характеристики органических субстратов, дающей представление о количестве метана, которое может быть получено при определенных условиях в процессе анаэробного сбраживания, является биохимический потенциал метана (biochemicalmethanepotential). На практике для определения БПМ используются теоретические (расчетные), экспериментальные методики.

Расчетные значения БПМ являются хорошим ориентиром для оценки перспективности субстрата для анаэробного сбраживания, однако для определения продолжительности сбраживания, степени распада органического вещества, выбора температурного режима и других параметров, которые оказывают влияние на выбор аппаратного оформления и экономические показатели процесса не обойтись без проведения теста на БПМ.

В настоящее время не существует стандартизованных процедур проведения испытаний для определения БПМ, которые устанавливают конкретные условия проведения отдельных этапов такого исследования. Наиболее часто в практической работе по определению БПМ ориентируются на руководство VDI 4630, разработанное ассоциацией немецких инженеров. В руководстве подробно изложен поэтапный процесс оценки биогазового потенциала.

В БГТУ проведены сравнительные испытания различных вариантов определения БПМ осадков Минской очистной станции, базирующихся на руководстве VDI 4630. В качестве инокулята использовали, сброженный в лабораторных условиях сырой осадок (до 15% от массы сухого вещества). В качестве субстратов использовали сырой осадок, избыточный активный ил и их смеси. Определены степень распада органического вещества, выход биогаза и метана из исследуемых субстратов в мезофильных и термофильных условиях. Результаты исследований использованы при составлении материальных и энергетических балансов альтернативных вариантов обработки и использования осадков.

Определение условий анаэробного сбраживания, в максимальной степени соответствующих условиям действующей промышленной установки, возможно при использовании для проведения исследований анаэробных биореакторов, работающих непрерывно в проточном режиме с постоянным контролем выхода и состава биогаза, pH и других параметров. Среди возможных вариантов повышения энергетической эффективности процессов получения биогаза следует выделить предварительный термический гидролиз осадков перед анаэробным сбраживанием. Применение термического гидролиза позволяет повысить выход биогаза при значительном увеличении нагрузки на метантенки; уменьшить содержание твердых веществ в сброженном осадке, обеспечивает эффективное обеззараживание осадка. Существенное повышение выхода биогаза в процессах анаэробного сбраживания обеспечивает совместное сбраживание осадков ОСК с органическими отходами.

Для получения исходных данных для выбора проектных решений по обработке и использованию осадков, образующихся на Минской очистной станции в соответствии Рамочным соглашением о сотрудничестве по проведению испытаний наГУ «Минскводоканал» между БГТУ, компаниями AQUA-ConsultIngenieurGmbH, Cambi и Европейским экологическим центром KREVOX, AQUA-ConsultIngenieurGmbH предоставлена для проведения испытаний пилотная установка контейнерного типа, которая состоит из четырех реакторов объемом 80 литров каждый. Контейнер оборудован современными аналитической и инструментальной системами. Каждый реактор оснащен смесителем, станцией дозирования (предназначена для дозирования кислоты, основания и/или субстрата), системой сбора газа со встроенной конденсатоотводной ловушкой. В процессе работы производится автоматический контроль и измерение температуры, pH, уровня субстрата, расхода газа и его состава.

В ходе испытаний будут использованы мезофильный и термофильный режимы сбраживания сырого осадка, избыточного активного ила и их смеси. Будет установлено влияние предварительного термогидролиза осадков перед сбраживанием на выход биогаза. Для этого будет использована экспериментальная установка термогидролиза (Cambi). В ходе испытаний будет определено влияние предварительного термогидролиза на обезвоживание и обеззараживание сброженного осадка. Будет определена возможность сбраживания осадков при высокой концентрации (до 11%) осадков.

В области производства ресурсов на ОСК одним из эффективных технологических решений является извлечение азота и фосфора в процессах уплотнения и обезвоживания осадков. В связи с повсеместным распространением технологий биологического извлечения фосфора из сточных вод на ОСК, концентрация его в осадках, в частности в избыточном активном иле, возрастает. Это создает предпосылки для его извлечения в процессах обработки осадков.

При извлечении фосфора из жидкой фазы (иловая вода от уплотнения и обезвоживания осадков) азот аммонийный и фосфаты не возвращаются в голову очистных сооружений, что повышает энергетическую и экологическую эффективность ОСК, так как способствует решению проблемы эвтрофикации водных объектов. Снижаются эксплуатационные затраты за счет минимизации применения химикатов для осаждения фосфора. Производится эффективное удобрение (магний аммоний фосфат – струвит), что обеспечивает вторичное использование фосфора и сохранение его запасов. Положительным следствием извлечения фосфора является предотвращение образования отложений струвитов в камерах, трубопроводах, клапанах и другом оборудовании. Степень извлечения фосфора из жидких потоков при этом может достигать до 90% (до 50% от количества, поступающего на ОСК), азота – до 40%. Влажность осадков после механического обезвоживания при этом может быть уменьшена на 4%.

Для извлечения фосфора может использоваться зола от сжигания осадков ОСК. При этом степень извлечения может составлять до 80% от количества, поступающего на ОСК. Однако соответствующая технология еще не отработана в промышленных масштабах.

Для Беларуси до настоящего времени размещение осадков очистных сооружений канализации на картах иловых площадок является практически единственным методом решения проблемы образования этих отходов. Иловые площадки из сооружений для обезвоживания и подсушки осадков превратились в объекты долговременного хранения отходов. Большинство известных решений по использованию накопленных осадков включают удаление отходов из иловых карт для обработки такими способами, как компостирование, сжигание и др. или захоронение на полигонах. Освобожденные от осадков иловые площадки подлежат рекультивации. На практике имеются единичные примеры использования таких вариантов решения проблемы накопленных осадков.

Обследование иловых площадок ряда очистных сооружений республики показало, что для них характерно естественное зарастание этих территорий с образованием фитоценоза,

состоящего в основном из быстрорастущих растений ивы, березы и тополя. Таким образом, накопленные осадки могут рассматриваться в качестве готового субстрата для создания фитомелиоративной системы короткого севооборота. Такой вариант использования иловых площадок не требует извлечения накопленных осадков из карт и способствует созданию источника местных энергетических ресурсов. В контексте экономика замкнутого цикла он решает как проблему вторичного использования биогенных элементов, так и производство энергетических ресурсов.

Для оценки возможности выращивания ивы на неэксплуатируемых картах иловых площадок очистных сооружений канализации в период 2014-2017 гг. проводили обследование сформировавшегося в естественных условиях древесно-кустарникового фитоценоза. В структуре фитоценоза выявлено преобладание *Salixaurita*, *Salixcaprea*, *Salixfragilis*, *Salixsine-rearpresense*. Для оценки уровня питания накопленных осадков были проанализированы агрохимические параметры, такие как рН, общее содержание органических веществ, общий азот, фосфор и калий. Определяли ежегодный прирост древесных кустарников на субстрате из накопленных осадков сточных вод, отбирали пробы для оценки величины фитонакопления тяжелых металлов (Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Ni) биомассой ивы. В ходе экспериментальных исследований установлено, что использование древесно-кустарниковых культур ивы рода *Salix* для проведения биологической рекультивации позволяет формировать фитомелиоративные системы краткого цикла ротации, в которых интервал от интенсивного роста до сбора биомассы составляет 3-4 года с количеством сборов не менее 6-7, и создавать на их основе источники местных топливно-энергетических ресурсов. Краткий период ротации позволяет более интенсивно управлять фитомелиоративной системой с целью корректировки водного режима переувлажненных иловых площадок, обеспечить улучшение агрохимических характеристик плодородного слоя за счет способности растений ивы к избирательному накоплению тяжелых металлов.

Выбор технологии обработки осадков с учетом требований экономики замкнутого цикла представляет собой сложную задачу. Попытки ее решения без детального эколого-экономического анализа возможных вариантов обращения с отходами часто приводит к принятию решений, последствия реализации которых негативно сказываются на окружающей среде. Не всегда выбор наилучшего варианта обращения с отходами очевиден, так как используемые у нас в стране оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий далеки от совершенства. Общепринятой методологией, позволяющей провести комплексный анализ продукции и производственных процессов, использования ресурсов с учетом экологических последствий является анализ жизненного цикла (LifecycleAnalysis – LCA).

Методология АЖЦ и методики выполнения отдельных ее этапов активно развивалась и в 90-е годы 20 столетия сформировались как перспективное направление научных исследований и практической деятельности в области охраны окружающей среды. В настоящее время активно разрабатываются методики АЖЦ, дополненные экономической оценкой входных и выходных потоков для исследуемой системы (EconomicInput-OutputLifeCycleAnalysis – EIO-LCA).

В конце 90-х годов прошлого столетия в составе стандартов ИСО серии 14000 были разработаны и введены в действие стандарты по анализу жизненного цикла (ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042, ISO 14043 и др.), определяющие принципы и структуру LCA, основные этапы его проведения. Оценка воздействия ЖЦ, как стадия LCA (ОВЖЦ) позволяет количественно охарактеризовать воздействие на окружающую среду, связанное с потреблением ресурсов, и выходными потоками продукционной системы. Особенностью ОВЖЦ является то, что она предполагает использование так называемой функциональной единицы для сравнения различных продукционных систем, продукции. При проведении ОВЖЦ систем обращения с отходами, в качестве функциональной единицы обычно используют единицу массы отхода (1 т, 1 кг).

Несмотря на то, что методология LCA достаточно проста для понимания и выглядит логичной и обоснованной, ее практическое применение часто связано с рядом трудностей, в первую очередь касающихся недостатка или неприемлемого качества информации. Проблемы, связанные с практической реализацией методологии LCA, по-разному решаются в различных методиках. Все известные методики выполнения основных этапов LCA и интерпретации его результатов имеют ряд общих черт, но и по ряду существенных признаков различаются. Отличия касаются методик и моделей, которые используются для перевода результатов инвентаризации в показатели воздействия. Для решения практических задач нашли применение методики Eco-indicator 99 (Голландия), EDIP (Дания), Eco-Scarcity (Швейцария); EPS (Швеция) и др.

Для выполнения практических работ по LCA разработано программное обеспечение, которое обеспечивает выполнение необходимых расчетов с использованием моделей, управление базами данных. Среди наиболее известных программных продуктов, позволяющих анализировать все стадии жизненного цикла – SimaPro, EcoLab, GaBi, TEAM,, WWLCAW и др.

Применению методологии АЖЦ для сравнения различных вариантов обработки и использования осадков с целью выбора приемлемого по воздействию на окружающую среду варианта посвящено большое число работ. Оценка воздействия при этом производится с использованием определенного набора показателей.

Особенностью LCA является то, что она ориентирована на количественную оценку воздействий на окружающую среду, связанных как с потреблением всех видов ресурсов, так и с эмиссией загрязняющих веществ. При оценке воздействия используются процедуры нормализации и взвешивания показателей воздействия.

Показано, что сочетание анаэробного сбраживания и использования сброженного осадка в сельском хозяйстве – наиболее экологически безопасный способ обращения при условии минимального содержания в осадках тяжелых металлов. Сравнение анаэробного сбраживания, пиролиза, сжигания с захоронением золы, использования сброженного осадка в сельском хозяйстве подтвердило этот вывод. Термические процессы могут конкурировать с сельскохозяйственным применением осадков, в случае выбора подходящей технологии. Однако воздействие исследуемых процессов оценивалось лишь частично, т.к. в исследовании не определялся показатель экотоксичности и токсичности для здоровья человека. В связи с этим, сделать однозначный вывод о предпочтительности термического либо сельскохозяйственного использования осадков сточных вод, основываясь только на энергетических балансах процессов и сравнении потенциалов глобального потепления, не представляется возможным.

С использованием экологической и экономической оценки жизненного цикла проведено сравнение мезофильного и термофильного анаэробного сбраживания осадков с различной концентрацией органических веществ и с использованием предварительного термического гидролиза. По ряду показателей предпочтительным является анаэробное сбраживание при высокой концентрации органических веществ с предварительным термогидролизом.

Достоверность и надежность выводов по результатам АЖЦ во многом зависит от полноты данных по показателям эмиссии загрязняющих веществ как в процессах подготовки осадков к использованию, так и при использовании осадков и вторичных отходов.

В БГТУ проводятся комплексные исследования по сравнению различных вариантов обработки и использования осадков очистных сооружений канализации. на основе методологии LCA. Они включают определение показателей эмиссии загрязняющих веществ для процессов, используемых для обработки осадков, использование опубликованных данных по факторам эмиссии, в том числе базы данных Ecoinvent. Для вариантов, по которым производится сравнение, составляются материальные и энергетические балансы. Оценка воздействия проводится с использованием методики LCA «Eco-Indicator 99» [6], метод оценки воздействия ReCiPe и программное обеспечение SimaPro (v.8.0.3).

Среди вариантов, по которым проводилась оценка: механическое обезвоживание (МО) – захоронение; МО – известкование – использование в сельском хозяйстве (ИСХ); МО – известкование– производство цемента; мезофильное анаэробное сбраживание – МО – ИСХ; МО – компостирование – ИСХ; МО – термическая сушка – производство цемента; мезофильное анаэробное сбраживание –МО – термическая сушка – сжигание; МО – сушка – сжигание.

Показатели (категории), по которым производили сравнение, включали выбросы (эмиссию) SO₂, CO, NO_x, летучих органических соединений (ЛОС), твердых частиц (PM₁₀); потенциал глобального потепления (ПГП по CO₂), расход электроэнергии, расход тепловой энергии и топлива (всего до 12 показателей). Результаты сравнения зависели от количества образующихся осадков, условий транспортировки осадков и других факторов. По показателям ПГП, «расход тепловой энергии и топлива» и некоторым другим наименьшим воздействием на окружающую среду характеризуются варианты с анаэробным сбраживанием. Если осадок не может использоваться в качестве удобрения, то наилучшим вариантом является анаэробное сбраживание с последующей сушкой и использованием при производстве цемента.

Таким образом, экономика замкнутого цикла создаёт основу для внедрения новых технологий в области очистки сточных вод и обработки осадков. В этом контексте очистные сооружения должны рассматриваться не только в их традиционной роли, какой является очистка стоков и переработка осадков, но и в качестве объектов, производящих ресурсы и энергию. Из крупных потребителей они переходят в разряд производителей энергии на собственные нужды и для внешних потребителей. Такой результат может быть достигнут путем интенсификации производства и использования биогаза с применением термического гидролиза, а также совместного сбраживания осадков с биоразлагаемыми отходами. Использование выведенных из эксплуатации иловых площадок для создания «энергетических плантаций» способствует созданию возобновляемого источника местных энергетических ресурсов.

Использование технологий извлечения фосфора в процессах очистки сточных вод и обработки осадков позволяет не только продвинуться в решении проблемы эвтрофикации водных объектов, но и вернуть в хозяйственный оборот значительные количества ценного продукта, готового к применению.

Список использованных источников

1. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS on the implementation of the circular economy package: options to address the interface between chemical, product and waste legislation. Strasbourg, 16.1.2018 COM(2018) 32 final.

2. Li, H. Chang, Z. Zhanying, O. Mundree, S. Environmental and economic life cycle assessment of energy recovery from sewage sludge through different anaerobic digestion pathways// Energy. – 2017, V. 126, № 1, P. 649-657

3. Onaka, T. Sewage can make Portland cement: A new technology for ultimate reuse of sewage sludge// Water Science & Technology. – 2000, T. 41, №8, P. 93–98.

4. Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy. Publication date: 17/01/2018 (<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/27327>)

5. Schievano A, Pognani M, D'Imporzano G and Adani F, Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a fullscale biogas plant using chemical and biological parameters. Bioresource Technol. 2008. v. 99, p. 8112–8117.

6. THE ECO-INDICATOR 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for Designers //Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment Communications Directorate, the Netherlands. 2000. – p. 49.

7. VDI 4630, Fermentation of Organic Materials. Characterisation of the Substrates, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Tests. VDI-Handbuch Energietechnik. 2006. – 92p.