

---

---

## Розділ 3. Інформаційні ресурси та системи

---

---

УДК 005.94 + 004.9 + 519.7

© А.Е. Стрижак, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник;  
А.Н. Трофимчук, д-р техн. наук, проф., член-корр. НАНУ;  
Л.Ю. Цурика, аспирант

Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины,  
г. Киев

### ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ОНТОЛОГИИ – ИНФОРМАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

*В статье описывается подход использования тематически разных знаний при проведении экологических экспертиз. Излагается технологический подход агрегации разнородной информации на основе формирования трансдисциплинарных онтологий. Приводится пример проведения экологической экспертизы на основе анализа экологического состояния региона.*

**Ключевые слова:** трансдисциплинарность, онтология, экологическая экспертиза, сетевые информационные ресурсы.

**Введение.** Одной из основных задач проведения экологических экспертиз является установление степени соответствия практических результатов человеческой деятельности нормативно определяемым экологическим требованиям [2]. Одной из важнейших категорий их проведения является требование полноты. Категория полноты при оценке результатов практической деятельности человека призвана отображать как можно больше факторов их влияния на окружающую среду и на воздействие этих результатов непосредственно на человека. Перманентность этой категории очевидна. Технологические формы человеческой деятельности постоянно совершенствуются и развиваются, меняются факторы их влияния и естественным образом увеличивается объем информации, характеризующий эти результаты. И становится очевидным, что для обеспечения достаточно полной экологической экспертизы необходимо обеспечить соответствующего эксперта или их группу доступом к необходимой информации, которая наиболее полно описывает как процессы, по которым ведется экспертиза, так и влияние этих процессов на различные стороны (категории) жизни и окружающего мира.

**Преимущества онтологического подхода.** Использование программных средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [8] для отображения состояний

анализируемых процессов обеспечивает построение персонифицированной корпоративной компьютерно-интегрированной среды, в которой поддерживаются режимы непрерывного сетевого взаимодействия между экспертами и информационными ресурсами, отображающими различные категории знаний. Для этого создаются средства формализации информационных источников формирования знаний, учитывающие тематическую специфику предметных областей, которые в той или иной степени отображаются в экологической экспертизе. При этом необходимо учитывать тот факт, что объем и разнообразие данных и сообщений по различным профилям предметных знаний ныне настолько объемный, что возникает необходимость их классификации с точки зрения принадлежности к предметным областям и сферам интересов всех участников процесса взаимодействия в области их практической деятельности. Применение этих программно-информационных средств ИКТ ориентировано на решение следующих задач:

- обеспечение возможности оперативной организации доступа к информационным источникам формирования знаний, касающихся одной предметной области или объединенных схожими интересами сфер деятельности;
- поддержание взаимодействия всех участников проведения экологической экспертизы в рамках неединичного множества предметных областей с возможностью расширения этого множества;
- обеспечение возможности расширения списка источников и потребителей разнородных информационных источников формирования уже экологических знаний в рамках определенной предметной области или сферы интересов;
- ограничение доступа к экологическим информационным ресурсам рамками конкретной предметной области или сферы интересов в связи с возможностью решения предыдущей задачи;
- поддержка процесса осмысления экологической информации по тематическим профилям нескольких предметных областей для каждого субъекта, активно участвующего в процессе взаимодействия;
- обеспечение возможности оперативного поиска источника необходимых информационных ресурсов пользователями, касающегося влияния на экологию процессов по конкретной предметной области.

Задача формирования корпоративной персонифицированной компьютерно-интегрированной среды в области проведения экологических экспертиз – накапливать не разрозненные данные, а структурированные, формализованные информационные источники – закономерности и принципы, позволяющие решать реальные задачи в процессе осмысления результатов ее проведения. Онтологический подход [1, 6, 7, 10] к проектированию и формированию персонифицированных электронных площадок как раз и позволяет создавать системы, в которых информационные источники формирования знаний становятся доступными для всех участников взаимодействия. Основные преимущества этого подхода:

- онтологический подход предоставляет пользователю целостный, системный взгляд на определенную предметную область;

- информационные источники о предметной области представлены однотипно, что упрощает их восприятие;
- построение онтологии позволяет восстановить недостающие логические связи предметной области.

Важность онтологического подхода в создании персонифицированных корпоративных ИКТ-систем обусловлена также тем, что если информационные источники формирования знаний не представить в сетевой среде, то они становятся неактуальными. Напротив, если информационные источники формирования знаний распространяются, используются, то они могут генерировать новые знания. Онтологический подход позволяет подавать термины, понятия в таком виде, при котором обеспечивается построение логических схем их композиционного развития.

К онтологическим аспектам относится круг вопросов, начиная от сферы применения и к формальному описанию компонентов компьютерных онтологий предметных областей. На формальном уровне онтология – система, состоящая из множества терминов, утверждений об этих понятиях, на основе которых можно строить классы, объекты, связи, функции и теории. Компьютерную онтологию некоторой предметной дисциплины можно рассматривать как общезначимую, открытую базу информационных источников формирования знаний, представленную на формальном языке спецификации. В онтолого-классификационной схеме средств и методов искусственного интеллекта онтологический подход трактуется как разновидность системного подхода, основанного на формировании знаний. Онтологический подход обеспечивает эффективное проектирование компонентов любой знания предметно-ориентированной информационной системы.

Практически все модели онтологии содержат определенные концепты – понятия, классы; свойства концептов – атрибуты, роли; отношения между концептами – зависимости, функции и дополнительные ограничения, которые определяются аксиомами. Концептом может быть описание задачи, функции, действия, стратегии, процесса рассуждения, ход осуществления исследования и т.д. При этом внимание направлено на формализацию этапов построения, структурирования и представления информационных источников формирования знаний, позволяет участникам, взаимодействующим с эколого-информационной средой, продуктивно использовать соответствующие предметные знания. В свою очередь, эффективная реализация указанных этапов и получения конечного результата (библиотеки онтологических баз информационных источников формирования знаний) невозможна без проведения системно-онтологического анализа заданной совокупности информационных ресурсов.

Онтологию будем рассматривать как активную систему знаний, включающую в себя множество логически связанных классов объектов, над которыми задан набор формальных аксиом, ограничивающих интерпретацию и совместное употребление этих терминов. Т.е. онтологию можно рассматривать как некую логическую теорию, некое исчисление со своими правилами. Эта теория позволяет систематизировать категории действительности и/или выражаемые в языке значения.

Уровень использования знаний, как нематериальных активов, является одной из категорий, влияющих на развитие информационного общества. Одним из факторов влияния на качество использования экологической информации является уровень обеспечения доступа каждого члена общества к соответствующим информационным ресурсам. Обеспечение доступа возможно на основе предоставления широкого спектра электронного информационно-консультационного сервиса в процессе проведения экологических экспертиз на практике. Его качество во многом зависит от корректности и семантической полноты используемых информационных массивов. Поэтому одним из технологических направлений развития качества проведения экологических экспертиз является создание соответствующей развитой информационной базы знаний. Указанная база знаний должна иметь интеллектуальные средства доступа и предоставлять информационные услуги по широкому спектру информационных массивов, характеризующих различные экологические процессы.

**Представление знаний.** Пассивно экологические знания широко представлены в виде информационных описаний, изложенных в конкретных документах и книгах [3]. Преобразование пассивных знаний в активную систему возможно на основе отображения этих описаний в определенные терминополья, где конкретные понятия становятся концептами описанной в книге предметной области. Указанные концепты составляют определенные утверждения, которые определяют конкретные действия и результаты этих действий. Сами утверждения строятся на основе использования семантики концептов и тех отношений, которые эти концепты связывают определенным смыслом [9].

Все утверждения, которые могут быть сформированы из концептов, определяющих семантику тематического содержания монографии и создающих определенные классы-категории, могут быть представлены в виде определенных тавтологий. Именно на основе выделенных тавтологий и создается определенное нами множество онтологий, все элементы которой характеризуются наборами свойств. Выделим свойство принадлежности концептов к конкретной онтологии. Данное свойство позволяет определить истинность конкретного утверждения в рамках классификации объектов, задающей определенные нами тематические онтологии. Тогда тавтологии могут быть определены как представители тематических классов.

На основе тавтологий как представителей классов, создаваемых концептами онтологий операционной среды электронной экспертной консультационной площадки (ЭКП), может быть создана система классификации. Система классификации, как основа онтологии, должна представлять определенную иерархию, каждый из элементов которой, в свою очередь, имеет внутреннюю структуру (элементы внутренней структуры и их связи) и взаимодействует с внешней средой. Если перевести это на язык классификаций, то внутренняя структура – это группа объектов классификации, связи внутренней структуры – это взаимное соотношение групп объектов классификации, а взаимодействие с внешней средой – это взаимосвязи между классификационными группами различных концептов. В дальнейшем такие группы будем называть классификаторами. Выделим следующих два аспекта взаимосвязи групп-классификаторов:

- структурный – вхождение объектов классификации в операционную среду ЭКП на основе бинарных отношений и свойств;
- лексико-семантический – формирование определенных множеств утверждений-высказываний, которые являются тавтологиями относительно проблем, решаемых в операционной среде ЭКП.

Практически задача создания системы классификации информационных процессов в среде ЭКП сводится к сочетанию создаваемых тематических классификаторов на структурном и лексико-семантическом уровнях:

1) при взаимодействии с однородными классификациями зачастую просто исходная классификация КП расширяется:

- добавляются новые утверждения в виде тавтологий в существующие классы и подклассы и т.д.;
- добавляются новые классы, подклассы и т.д., также в виде групп тавтологий;

2) при взаимодействии с разнородными классификаторами, основанными на других тематиках, необходимо рассматривать каждый отдельный элемент классификаций.

Таким образом, классификаторы представляют собой определенные упорядоченные множества тавтологий, на основе которых могут быть созданы таксономии операционной среды КП.

Для создания операционной среды онтологической консультационной площадки необходимо осуществить интеграцию сформированных на основе классификаторов онтологических моделей составляющих процессов. Полученное множество онтологий определяется как единая онтологическая модель описания информационных процессов взаимодействия при решении задач консультирования и имеет трансдисциплинарный характер [4]. Возникающие проблемы организации согласованного тематического взаимодействия групп на основе использования сетевых информационных ресурсов разрешаются на основе активного использования трансдисциплинарных онтологий, основной характеристикой которых является упорядоченность информационной среды для каждого состояния взаимодействия [4–9]. Упорядоченность задается на основе множества преобразований пассивных состояний базы знаний, которая представлена в виде изложенных информационных описаний в активную систему в виде определенных терминополь, где конкретные понятия становятся концептами используемой при взаимодействии модели предметной области. Состояния взаимодействия представляются в виде сценариев развития сложных многофакторных ситуаций. Упорядоченность состояний взаимодействия определяется множеством решений задачи выбора согласно заданных критериев для каждого фактора активных ситуаций.

**Платформа формирования трансдисциплинарных онтологий.** Формирование электронных площадок взаимодействия реализуется на платформе системы ТОДОС – Трансдисциплинарный Онтологический Диалог Объектно-ориентированных Систем. ТОДОС представляет собой инновационный комплекс программно-информационных и методических средств управления знаниями с использованием подходов онтологического управления корпоративными информационными ресурсами, где человек рассматривается как источник

рождения новых знаний для передачи их в форме собственного знания через инструментарии ТОДОС. ТОДОС позволяет реализовать единую интегрированную точку доступа – «единым окном» – к информации и приложениям системы для обеспечения интерактивного взаимодействия с пользователями.

Технология сетевой IT-платформы ТОДОС обеспечивает инновационное технологическое решение построения корпоративных информационно-аналитических систем от многофакторного анализа информационных ресурсов до онтологической системы коллективного принятия решений и управления знаниями. Одним из основных принципов технологии ТОДОС является так называемая «Ситуационная осведомленность», обеспечивающая предоставление пользователям необходимой информации, касающейся направлений их деятельности и достаточной для принятия эффективного решения. Сюда относятся следующие технологические характеристики:

- Удобное, интуитивно-понятное, многоаспектное представление аналитической информации;
- Обеспечение работы с неструктурированной и слабоструктурируемой информацией;
- Работа с информацией и результатами анализа из любой точки сетевого доступа;
- Удовлетворение поиска и запросов пользователей – извлечение знаний;
- Обработка и анализ контента, агрегирование и рейтингование;
- Поддержка принятия решений на основе анализа больших объемов информации;
- От данных – к ГИС – от ГИС – к информации;
- Обеспечение взаимодействия и обратной связи.

Концепцию технологии ТОДОС составляют следующие направления:

- консолидация и интеграция всей имеющейся корпоративной информации и предоставление ее через систему «единого окна», за счет чего повышается уровень осведомленности всех категорий пользователей в их деятельности;
- обеспечение бесшовной системной интеграции информационных технологий и инноваций с целью создания информационно-аналитических ресурсов для внедрения в бизнес-процессы организации;
- создание условий «ситуационной осведомленности» для всех заинтересованных категорий пользователей с многоаспектным анализом массивов документов, сравнением, рейтингованием с выводом отчетов и результатов анализа;
- обеспечение онтологического управления информационными массивами, которые объединяются в единое корпоративное информационное пространство – онтолого-управляемую систему корпоративных знаний;
- поиск в сети Интернет и в файловых электронных коллекциях текстовых документов, релевантных тематике исследований и экспертизы;
- автоматическая обработка естественно-языковых текстов с выделением поверхностных семантических отношений для дальнейшего их анализа;
- извлечение из множества документов знаний, релевантных выбранной предметной области, их системно-онтологическая структуризация и формально-логическое представление,

а также построение, визуализация и верификация семантических структур синтаксических единиц текстовых документов и категориальных знаний заданной предметной области в виде онтологического графа;

- автоматизированное построение онтологий и тезаурусов предметных областей для организации системы управления знаниями;

- автоматизированный анализ и создание системы рейтингов объектов исследования и процессов, с ними связанных, с учетом всего множества факторов, влияющих на соответствующие объекты и процессы;

- обеспечение многовекторного исследования объектов и процессов с целью выявления влияния параметров на их состояние, развитие и принятия соответствующего объективного решения.

Компонентами ТОДОС являются:

СИСТЕМА КОНСПЕКТ – построение терминологических деревьев на основе анализа естественно-языкового текста;

СИСТЕМА КОНФОР – классификация и генерация онтологических графов предметной области;

СИСТЕМА ЕДИТОР – конструирование онтологических моделей;

СИСТЕМА АЛЬТЕРНАТИВА – онтология решения задач выбора;

ПОИСКОВАЯ МАШИНА – поиск лексических структур на основе лингвистической обработки большого количества сетевых текстовых массивов;

ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ КОРПУС – электронная библиотека со средствами ассоциативного поиска семантически связанных информационных массивов, включая определение уровня семантической эквивалентности текстов;

КРИПТО – защита информационных массивов на основе применения методов экстремальной теории графов.

**Пример** применения технологии ТОДОС изображен на рис. 1, где представлены результаты экологического анализа качества продукции молочных предприятий на основе агрегирования с данными, отображающими экологическое состояние водных ресурсов региона, в котором производится соответствующая молочная продукция. Входными данными и информацией для проведения экологического анализа являлись следующие сетевые информационные массивы:

- Перечень субъектов хозяйствования, включенных в Реестр аттестованных производителей молока, молочного сырья и молочных продуктов.

- ДСТУ 4343:2004 Йогурты. Общие технические условия.

- Химический состав йогурта (официальные технологические данные производителей).

- Национальный стандарт Украины «Вода питьевая. Требования и методы контроля качества».

- Данные о качестве поверхностных вод (данные Госводхоза Украины).

В среде сетевой IT-платформы ТОДОС вся информация указанных выше источников структурируется. На основе сгенерированных структур реализуется описание

соответствующих классов, которые составляют конкретные концепты – именованные объекты, связанные определенными отношениями. Каждый концепт характеризуется определенными свойствами-критериями. Такие свойства-критерии позволяют многоаспектно характеризовать тематические объекты и применять при анализе их состояний методы решения задачи выбора [4].

Так на основе агрегированного экологического анализа были определены факторы влияния качества водных ресурсов региона на качество молочной продукции, были выявлены факторы, влияющие на качество сырья, технологические процессы и продукцию предприятия. Это позволило определить экологические, санитарно-гигиенические и финансовые риски, а также рейтинг предприятий по качеству производимой продукции, сделать выводы о рентабельности производства и т.п.

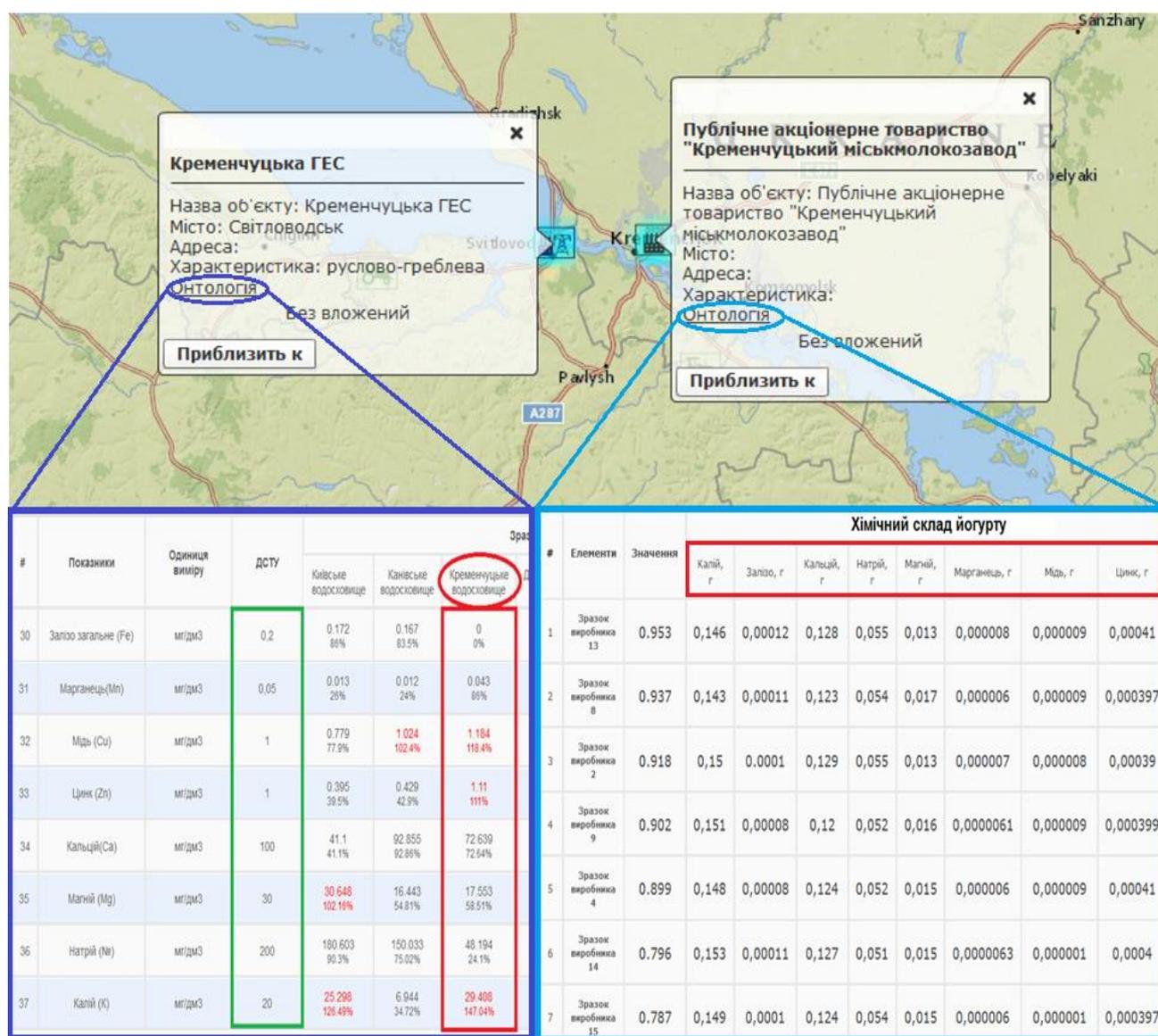


Рис. 1 – Таблица агрегированных данных анализа экологического состояния водных ресурсов региона и качества молочной продукции

**Выводы.** Трансдисциплинарные онтологии обеспечивают корректное агрегирование разных тематических процессов за счет формирования структурированной совокупности информационных объектов, определяемых как единственный тип данных. Технология их использования в сетевой среде, в которой активируются процессы взаимодействия сложных информационных систем, позволяет определить над всеми анализируемыми явлениями исследуемых экологических процессов (взаимосвязь всех природных явлений) отношение частичного порядка. Другими словами, трансдисциплинарность основывается на установлении формальной взаимосвязи пониманий синергии отдельных тематических предметных областей. Она обеспечивает формирование логических мета-рамок, посредством которых знания могут быть интегрированы на более высоком уровне абстракции, чем это происходит в междисциплинарности. Трансдисциплинарные онтологии обеспечивают достаточно полную технологическую поддержку деятельности эксперта на этапах анализа проблематики и выявления многофакторных отношений между анализируемыми экологическими процессами.

### **Список использованной литературы**

1. Гладун В.П. Процессы формирования новых знаний [Текст] / Гладун В.П. – София: СД «Педагог 6», 1994. – 192 с.
2. Закон України «Про екологічну експертизу» (ст. 1) м. Київ, 9 лютого 1995 року № 45/95-ВР
3. Коршунова С.О. Роль тезаурусного моделирования в организации терминополья «Text-текст» / Вестник Иркутского государственного лингвистического университета – № 1, 2009. – <http://cyberleninka.ru/article/n/rol-tezaurusnogo-modelirovaniya-v-organizatsii-terminopolya-text-tekst>.
4. Микони С.Д. Теория и практика рационального выбора: Монография. – М.: Маршрут, 2014. – 463 с.
5. Мокий М.С. Трансдисциплинарная методология в экономических исследованиях / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. Специальность 08.00.01 – экономическая теория. // Российская Экономическая академия им. Г.В. Плеханова – М. 2010 – 50 с.
6. Палагин А.В. К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области / А.В. Палагин, Н.Г. Петренко. – Математические машины и системы, 2007. – № 3, 4. – С. 63–75.
7. Стрижак О.Є. Засоби онтологічної інтеграції і супроводу розподілених просторових та семантичних інформаційних ресурсів // Екологічна безпека та природокористування: Збірник наукових праць. / М-во освіти і науки України, Київ, Нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол.: О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (гол. ред.) [та ін.]. – К., 2013. – Вип. 12. – С. 166–178.
8. Стрижак О.Є. Онтологічний інтерфейс як засіб представлення інформаційних ресурсів в ГІС-середовищі / Попова М.А., Стрижак О.Є. // Ученые записки Таврического национального ун-та им. В.И. Вернадского. Серия «География». Том 26 (65). 2013 г. № 1, С. 127–135.

9. Шаталкин А.И. Таксономия. Основания, принципы и правила. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 600 с.

10. Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications / T.R. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5. – P. 199–220.

*Стаття надійшла до редакції 13.08.14 російською мовою*

**© О.Є. Стрижак, О.М. Трофимчук, Л.Ю. Цурика**

**ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНІ ОНТОЛОГІЇ – ІНФОРМАЦІЙНА ПЛАТФОРМА  
ВИКОНАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ**

*У статті описується підхід використання тематично різних знань при проведенні екологічних експертиз. Викладається технологічний підхід агрегації різномірної інформації на основі формування трансдисциплінарних онтологій. Наводиться приклад проведення екологічної експертизи на основі аналізу екологічного стану регіону.*

**© O.E. Stryzhak, O.M. Trofimchuk, L.Y. Zurika**

**TRANSDISCIPLINARY ONTOLOGY – INFORMATION PLATFORM  
EXECUTION EXPERTISE IN ECOLOGY**

*This paper describes an approach using case different knowledge in conducting environmental assessments. Describes technological approach aggregation of heterogeneous information on the basis of formation of transdisciplinary ontology. An example of an environmental impact assessment on the basis of analysis of the environmental status of the region.*