

## EKOLOGICZNY MONITORING

**Старший преподаватель Дяченко О.Ф.**

*Мариупольский государственный университет, Украина*

### **НЕЧЕТКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ**

Рыболовство в естественных водоемах было одним из древнейших промыслов, а в настоящее время является важнейшей отраслью экономики многих стран мира, в том числе и Украины. Рациональное ведение рыбного хозяйства невозможно без прогнозирования изменения запасов промысловых рыб, изучения динамики популяций рыб, как результата взаимодействия условий среды, пополнения и созревания рыб, их убыли от естественной смертности и промысла. По запасам промысловых видов рыб и по уловам с единицы акватории Азовское море относится к разряду наиболее богатых районов Мирового океана, поэтому решение проблемы реконструкции и сохранения природных условий, обеспечивающих наиболее эффективное функционирование его экологической системы, является важной задачей.

Физический объём, химический состав, количество биомассы зависит от объёмов и качества поступающей пресной воды материкового стока. Ежегодно объём Азовского моря в 320 куб. км пополняется 39,6 куб. км, что составляет около 12% всего объёма. Однако, возведение плотин водохранилищ на реках Дон, Кубань, Миус, Ея уменьшает общий объём стока в море, что приводит к изменению химического состава воды, увеличению концентрации соли в море и колебанию солёности. Например, в юго-западной части моря она достигает 14 промилле, а в северо-восточной части, опресняемой водами Дона, колеблется в пределах 2-3 промилле. В настоящее время среди проблем Азовского моря задача предотвращения повышения солёности занимает первостепенное место, а ее решение позволит восстановить высокую рыбопродуктивность.

Также острой проблемой стало засорение Азовского моря сельскохозяйственными удобрениями и ядохимикатами, которые стекают при интенсивном сельскохозяйственном использовании прилегающих полей. Этому способствует также водная мелиорация, из-за которой с полей в реки смываются, а затем выносятся в море различные минеральные удобрения, губительно влияющие на его живые ресурсы.

Экологические проблемы Азовского моря создают загрязнения промышленных предприятий города Мариуполя: металлургического комбината «Азовсталь» и концерна «Азовмаш». Они являются лидерами по сбросу таких загряз-

нителеев как нефтепродукты, фенолы, железо, аммиак, роданиды и ежегодно сбрасывают более 800 млн куб м (до 99 % общего объема) стоков в море.

Несбалансированность хозяйственной деятельности приводит к уменьшению кормовой базы, количества нерестилищ, мест нагула и существования рыбы, других водных организмов [1, 2]. Нерациональная добыча рыбы и морепродуктов, неудовлетворительное выполнение мероприятий, направленных на их воспроизведение, привели к резкому уменьшению рыбных запасов и обеднению видового состава.

Понимание сути проблем рационального природопользования обеспечивается наличием теории, созданной академиком В.И. Вернадским, который в своем учении о биосфере указал взаимную связь и взаимную обусловленность всех процессов, происходящих в живой и неживой природе.

В 1972 году по инициативе И.И. Воровича и Ю.А. Жданова в Научно-исследовательском институте механики и прикладной математики в г. Ростова-Дону были разработаны имитационные системы (ИС) «Азовское море» и «Водохозяйственный комплекс региона», которые были предназначены для системного анализа при исследовании сложных проблем охраны природы и рационального природопользования [3, 4]. Они показали возможность успешного моделирования систем с большим числом параметров и установили ряд закономерностей функционирования водных экологических систем, а также дали количественную оценку эффективности крупных водохозяйственных проектов в бассейне Азовского моря.

Решающую роль в создании моделей сыграли многие ученые: в первую очередь член-корреспондент Академии наук СССР И.И. Ворович, а также Э.В. Макаров, С.П. Воловик, А.Б. Горстко, А.М. Брофман, Ю.А. Домбровский, Ф.А. Сурков, А.Я. Алдакимова.

Регулирование динамики биогенных веществ, элементов кормовой базы, рыбных популяций происходит при исследовании динамики солености, объема загрязнителей, температуры, биогенных стоков, ветровой ситуации, уровня отлова отдельных популяций и характеристики рыбозаведения. В ИС анализировались до 120 параметров, которые формировались в группы, отображающие всю совокупность процессов в экосистеме. Однако, сложность данных ИС затрудняет их применение.

Развитие современных информационных технологий позволяет более углубленно изучать морскую среду и открывает новые возможности для рационального освоения и использования морских ресурсов. Современный математический аппарат теории нечетких множеств позволяет превращать в алгоритм, т.е. в упорядоченную последовательность математических и логических операций, а его в программу для компьютера, которая выдает прогнозный расчет изменений в экосистеме моря при наличии нечетких данных.

**Целью работы** является оценка влияния различных факторов на динамику популяции промысловых рыб Азовского моря, уточнение их влияния на рыбопро-

дуктивность и разработка метода прогнозирования состояния популяций и объемов возможных уловов при рациональном использовании промысловых стад.

#### **Решение проблемной задачи**

Высокие продуктивные качества Азовского моря определяются наличием большого количества планктона и бентоса, что определяет исключительные качества этого водоёма как места откорма рыб не только азовских, но частично и черноморских (сельди, хамса, барабульки, кефали и др.).

Сельдь, тюлька, хамса и другие пелагические рыбы питаются планктоном и относятся к классу планктоноядных или планктофагов. В общей сложности планктоноядные рыбы поедают в Азовском море не менее 2 млн. т планктона в течение лета. Осетровые, лещ, бычки, перкаррина, пуголовки, атеринка питаются бентосом и относятся к классу бентосоядных или бентофагам. Бентосоядные рыбы Азовского моря обычно питаются моллюсками, червями и ракообразными. Бычки питаются преимущественно червями и моллюсками, лещ, к тому же, и ракообразными, осётр – червями и моллюсками; севрюга в большом количестве потребляет мелкого крабика – брахинотуса и бычков. Некоторые рыбы, как лобан (*Mugil cephalus*) и пиленгас (*Liza haematocheilus*), питаются преимущественно детритом.

Интегральную оценку продуктивности  $P_p$  планктоноядных рыб предлагается определять при помощи следующей нечеткой модели:

$$P_p = \langle P, S, VIW, IZW \rangle,$$

где  $P$  – количество планктона;

$S$  – соленость воды;

$VIW$  – ежегодный объем притока воды в море;

$IZW$  – индекс загрязненности воды.

Продуктивность  $P_b$  бентосоядных рыб можно описать при помощи следующей нечеткой модели:

$$P_b = \langle B, S, VIW, IZW \rangle,$$

где  $B$  – количество бентоса.

Для определения количества рыб на одном гектаре моря – рыбопродуктивности применяем интеллектуальную систему поддержки принятия решений (ИСПР) с использованием теории нечетких множеств, которая реализована в виде программного продукта AFLogic3.0 и предназначена для:

- сбора, формализации, обработки и хранения знаний о сложных системах;
- обработки данных и принятие решений в автоматическом и диалоговом режиме;
- расчета нескольких выходных значений одновременно;

- выдачи результата: в числовой, лингвистической формах, в виде графиков, диаграмм и файлов.

Дерево решений при оценке рыбопродуктивности приведено на рис. 1.

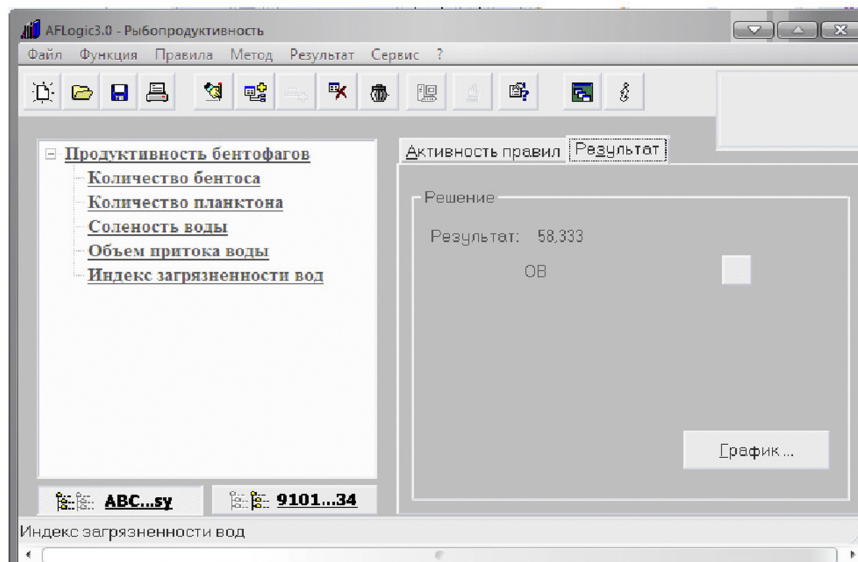


Рис. 1. Дерево решений при оценке рыбопродуктивности

Лингвистическую переменную «Рыбопродуктивность» на интервале [0-70] кг/га можно описать в виде терм-множества со значениями {Очень Малая (ОМ), Малая (М), Средняя (С), Высокая (В), Очень Высокая (ОВ)} и соответствующих функций принадлежности треугольного вида, которые приведены на рис. 2.

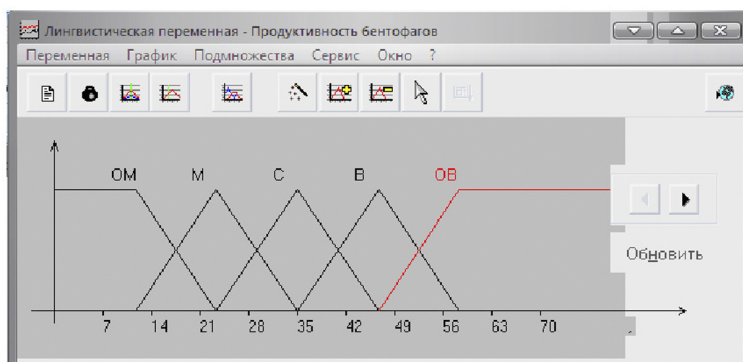
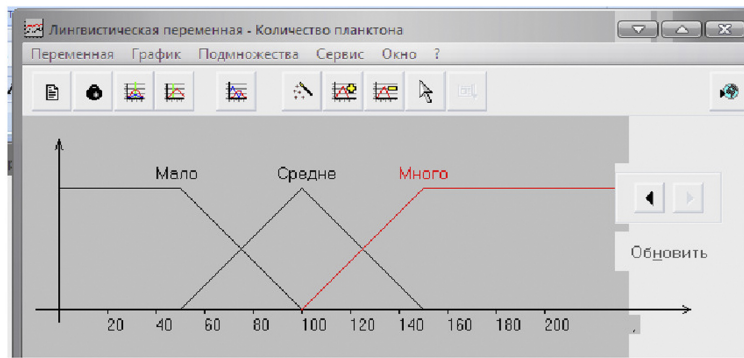


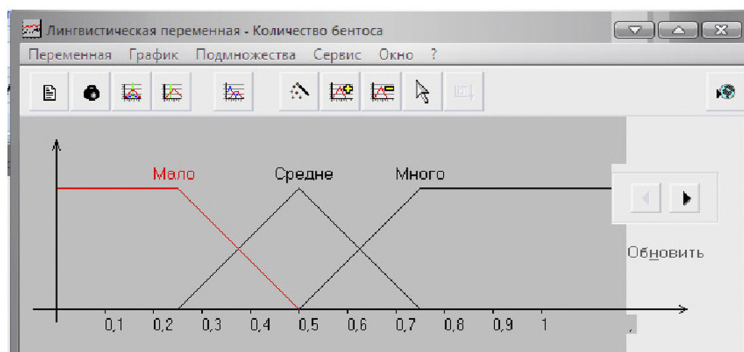
Рис. 2. Функции принадлежности лингвистической переменной «Рыбопродуктивность»

При выполнении исследования принимаем максимальное количество планктона равное  $200 \text{ г/м}^3$ , а весь интервал представляем в виде терм-множества  $T_p = \{\text{Мало}, \text{Средне}, \text{Много}\}$ . Трехуровневая классификация лингвистической переменной «Количество планктона» приведена на рис. 3.



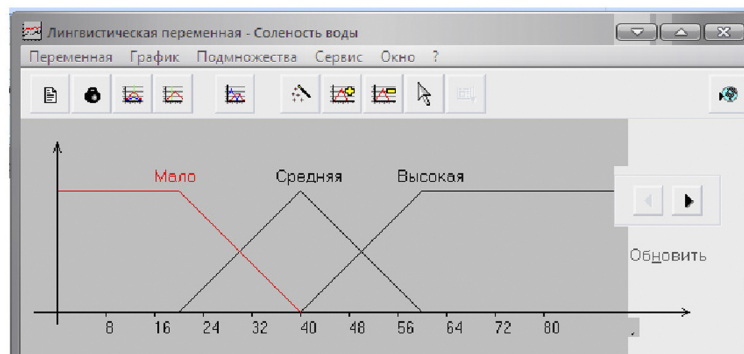
**Рис. 3. Трехуровневая классификация лингвистической переменной «Количество планктона»**

Максимальное количество бентоса принимаем равным  $1 \text{ г/м}^3$ , а весь интервал представляем в виде терм-множества  $T_e = \{(\text{Мало}), (\text{Средне}), (\text{Много})\}$ . Трехуровневая классификация лингвистической переменной «Количество бентоса» приведена на рис. 4.



**Рис. 4. Трехуровневая классификация лингвистической переменной «Количество бентоса»**

Максимальную соленость воды принимаем равным 80 промилле, а весь интервал представляем в виде терм-множества  $T_s = \{(\text{Мало}), (\text{Средняя}), (\text{Высокая})\}$ . Трехуровневая классификация лингвистической переменной «Соленость воды» приведена на рис. 5.



**Рис. 5. Лингвистическая переменная «Соленость воды»**

Ежегодный максимальный объем притока материковой воды принимаем равным 50 км<sup>3</sup>, а весь интервал представляем в виде терм-множества  $T_w = \{\text{Малый}, \text{Средний}, \text{Высокий}\}$ . Трехуровневая классификация лингвистической переменной «Объем притока воды» приведена на рис. 6.

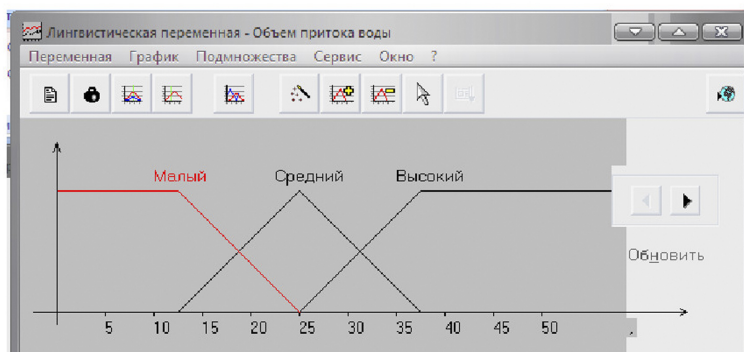


Рис. 5. Лингвистическая переменная «Объем притока воды»

Оценка качества воды морей производится с помощью интегрального показателя – индекса загрязнения воды ( $IZW$ ), учитывающего содержание растворенного в воде кислорода и концентрации трех приоритетных загрязнителей, преобладающими загрязнителями являются железо, хром и медь. Показатель  $IZW$  рассчитывался по формуле [5]:

$$IZW = \frac{\frac{\text{норм}O_2}{C_{O_2}} + \sum_{i=1}^3 \frac{C_i}{ПДК_i}}{4},$$

где  $C_i$  – концентрация трех наиболее значительных загрязнителей, которая в формуле делится на допустимое по нормативам содержание.

Терм-множество лингвистической переменной «Индекс загрязнения воды» приведено на рис. 6.

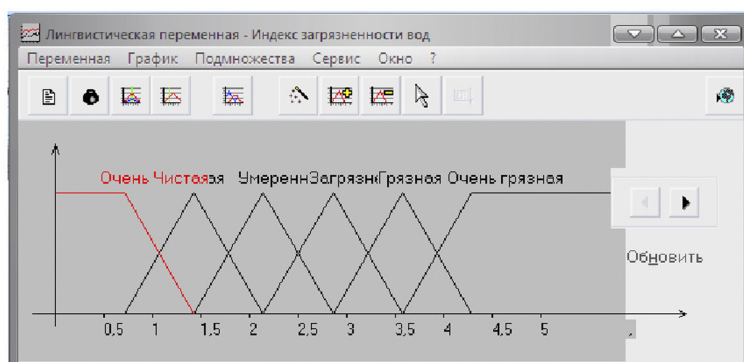


Рис. 6. Лингвистическая переменная «Индекс загрязненности воды»

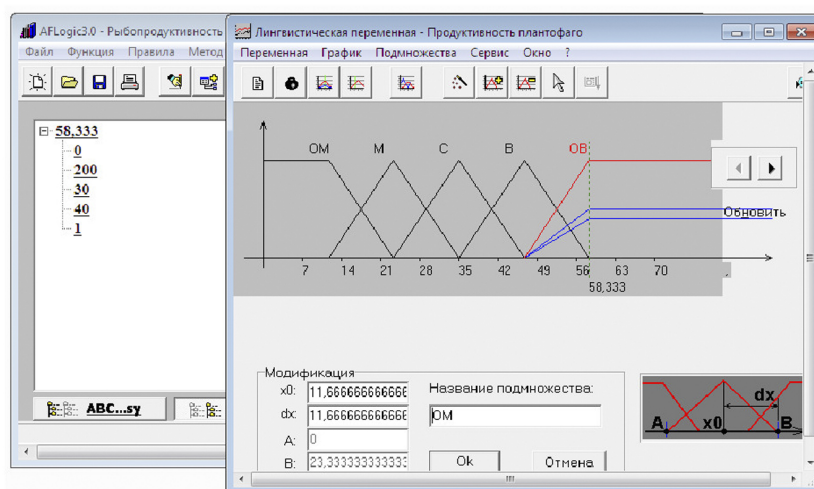
Для получения интегральной оценки «Рыбопродуктивности» в условиях неопределенности применяем интеллектуальную систему поддержки принятия решений AFLogic3.0, которая позволяет определять до 25 входных и выходных переменных. После ввода в систему AFLogic3.0 лингвистических переменных и их подмножеств формируется множество правил, построенных по схеме логической импликации «ЕСЛИ-ТО», где условие «ЕСЛИ» соответствует принятию лингвистическими переменными некоторых значений, а вывод (действие) «ТО» означает необходимость выбора значения для лингвистической переменной «Рыбопродуктивность»:

$$\{(P = A_i) \wedge (S = B_i) \wedge (VIW = D_i) \wedge (IZW = E_i) \rightarrow (P_p = Y_i),$$

где  $i$  – номер правила.

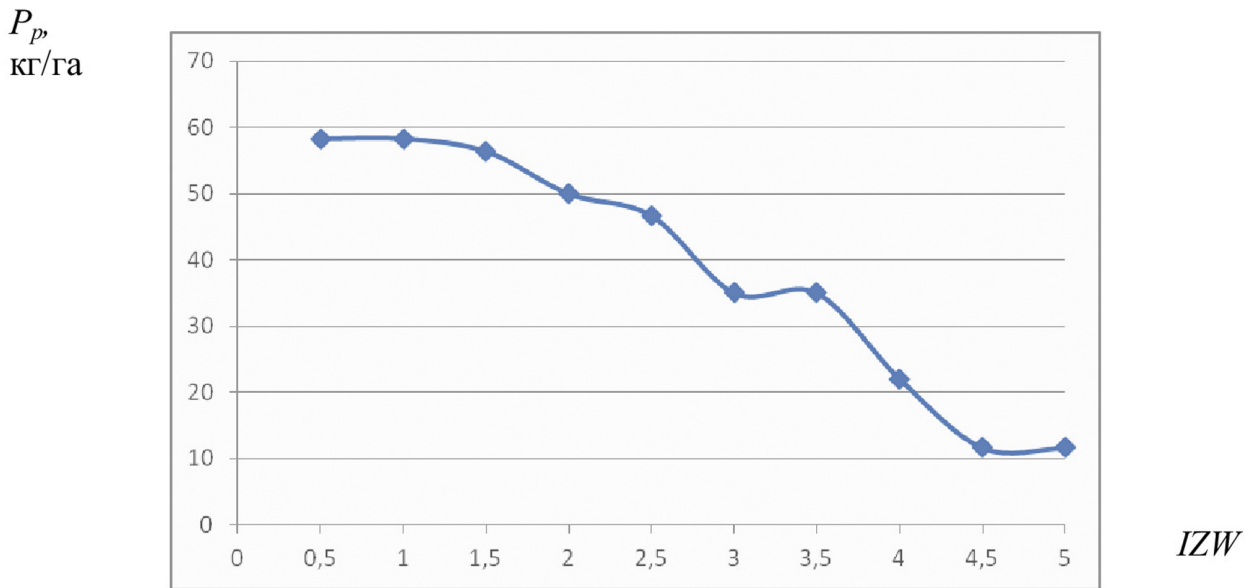
Всего разработано 26 правил, из них 13 определяют продуктивность планктоноядных рыб, остальные – продуктивность бентосоядных рыб. Для дефазификации результата используется метод центра тяжести.

При количестве планктона, равном  $200 \text{ г/м}^3$ , солености воды в 30 промилле, объеме притока воды  $40 \text{ км}^3/\text{год}$  и индексе загрязненности воды, равном 1, получена продуктивность планктофагов равная  $58,333 \text{ кг/га}$  (рис. 7).



**Рис. 7. Прогнозирование продуктивности планктофагов**

График зависимости продуктивности планктофагов от индекса загрязненности воды приведен на рис. 8.



**Рис. 8. График зависимости продуктивности планктофагов от *IZW***

На основании данного графика получен вывод о том, что при возрастании индекса загрязненности воды от 1 до 5 рыбопродуктивность уменьшается в 5 раз. Аналогичная зависимость получена для прогнозирования продуктивности бентофагов, при этом вместо количества планктона учитывается количество бентоса.

**Выводы:**

Применяя метод нечеткого вывода, при помощи системы поддержки принятия решений AFLogic3.0 можно сделать прогноз рыбопродуктивности и объемов возможных уловов, что позволяет рационально использовать популяции промысловых рыб. Предложенная ИСПР, использующая теорию нечетких множеств, отличается универсальностью и простотой, а ее применение позволяет эффективно развивать рыбную отрасль.

Выполненные расчеты позволяет проводить количественную экологическую экспертизу любых других факторов, способных оказывать воздействие на экосистему моря. Методологические принципы, положенные в основу разработанной нечеткой модели, являются достаточно общими и могут быть использованы при моделировании других водоемов.

**Литература:**

1. Кленкин А.А. Экоаналитическая оценка состояния Азовского моря в многолетней динамике /Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. д.х.н. – Краснодар, 2008. – 47 с.



2. Кленкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. – Краснодар. Изд-во ООО «Просвещение–Юг». 2007. – 324с.
3. Горстко А.Б. Математическая модель экосистемы Азовского моря. – М.: Знание, 1979. – 64 с.
4. Жданов Ю.А. Избранное. В 3 т. Т. 1. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2009. – 400 с.
5. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Удовенко А.В. Качество морских вод по гидрохимическим показателям // Ежегодник федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – Обнинск: изд-во ГОИН. – 2009. – 13 с.

# MATERIAŁY

**IX MIĘDZYNARODOWEJ  
NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI**

**«NAUKA I INOWACJA-2013»**

**07-15 października 2013 roku**

**Volume 16  
Ekologia  
Chemia i chemiczne technologie  
Geografia i geologia  
Rolnictwo**

Przemysł  
Nauka i studia  
2013

**Wydawca:** Sp. z o.o. «Nauka i studia»

**Redaktor naczelna:** Prof. dr hab. Sławomir Górniak.

**Zespół redakcyjny:** dr hab. Jerzy Ciborowski (redaktor prowadzący), mgr inż. Piotr Jędrzejczyk, mgr inż. Zofia Przybylski, mgr inż. Dorota Michałowska, mgr inż. Elżbieta Zawadzki, Andrzej Smoluk, Mieczysław Luty, mgr inż. Andrzej Leśniak, Katarzyna Szuszkiewicz.

**Redakcja techniczna:** Irena Olszewska, Grażyna Klamut.

**Dział sprzedaży:** Zbigniew Targalski

**Adres wydawcy i redakcji:**

37-700 Przemyśl, ul. Łukasińskiego 7

tel (0-16) 678 33 19

e-mail: [praha@rusnauka.com](mailto:praha@rusnauka.com)

Druk i oprawa:

Sp. z o.o. «Nauka i studia»

Cena 54,90 zł (w tym VAT 22%)

**Materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka i inowacja - 2013»** Volume 16. Ekologia. Chemia i chemiczne technologie. Geografia i geologia. Rolnictwo.: Przemysł. Nauka i studia - 96 str.

W zbiorze ztrzymają się materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka i inowacja - 2013». 07-15 października 2013 roku po sekcjach: Ekologia. Chemia i chemiczne technologie. Geografia i geologia. Rolnictwo.

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Żadna część ani całość tej publikacji nie może być bez zgody

Wydawcy – Wydawnictwa Sp. z o.o. «Nauka i studia» – reprodukowana,

Użyta do innej publikacji.

ISBN 978-966-8736-05-6

© Kolektyw autorów, 2013

© Nauka i studia, 2013

## SPIS

### EKOLOGIA

#### STAN BIOSFERY I JEGO WPYIW NA ZDROWIE CZIOWIEKA

- Епанчинцева О.М.** Исследование питьевой воды «биовита»  
с использованием вейвлет анализа ..... 3

#### EKOLOGICZNE I METEOROLOGICZNE PROBLEMY WIĘKSZYCH MIAST I PRZEMYSIOWYCH STREF

- Ларина А.В.** Составные элементы водно-зелёной системы города Саранска..... 6

#### PRZEMYSIOWA EKOLOGIA I MEDYCYNА PRACY

- Дика О.П., Бублієнко О.В., Семенова О.І.** Шляхи зменшення негативного впливу автотранспорту на стан навколишнього середовища міста Києва ..... 9
- Мордич Т.В., Грегірчак Н.М.** Дослідження антимікробної дії комбінованих розчинів на основі солей полігексаметиленгуанідину ..... 11

#### EKOLOGICZNY MONITORING

- Дяченко О.Ф.** Нечеткий метод расчета рыбопродуктивности Азовского моря..... 14

#### CHEMIA I CHEMICZNE TECHNOLOGIE

#### MASY PLASTYCZNEJ, POLIMIAROWE I SYNTETYCZNE MACI RIAŁY, KAUCZUKI, RYEZINO-TECHNICZNE WYROBY, OPONY I ICH PRODUKCJA

- Протопопов А.В., Клевцова М.В., Артемьева М.А.**  
Химическая модификация лигнина о-аминобензойной кислотой ..... 23
- Ничкова Е.В., Кимерлинг С.М., Зырянов К.А.** Разработка связующего для композитных баллистических защитных панелей..... 27

#### CHIMIKO-FARMACEUTYCZNA PRODUKCJA

- Moradi R., Hozhiboev Yu., Asadolahi N.** The synthesis 2-ph 6- R- amide derivatives 7-phenyl 5-oxo 5-H -1 ,3,4-thiadiazolo [3,2-a] pyrimidine..... 30