



ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ



ISSN 1810-9810

№ 2
2016

«ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ»

Научный журнал
Издается с 1996 года
Выходит 2 раза в год
Ноябрь 2016 г.

УЧРЕДИТЕЛИ:

Национальная академия наук Беларуси
Министерство природных ресурсов
и охраны окружающей среды Республики Беларусь

ИЗДАТЕЛЬ:

Республиканское унитарное предприятие
«Издательский дом «Беларуская навука»
Национальной академии наук Беларуси

РЕДАКЦИЯ:

Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Академическая 27,
Тел.: +375 /017/ 284-05-23, 284-15-85, Факс: +375 /017/ 284-15-93
E-mail: 430vinok@gmail.com, tsinkevichva@mail.ru

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

О.И. Бородин – кандидат биологических наук, доцент – главный редактор,
И.И. Лиштван – доктор технических наук, профессор, академик –
заместитель главного редактора,
М.Е. Никифоров – д-р биологических наук, профессор, академик –
заместитель главного редактора,
В.Ф. Винокуров – ответственный секретарь,
В.Н. Астапенко – д-р г.-м.н., В.М. Байчоров – д-р б.н., доц.,
С.В. Буга – д-р б.н., проф., Е.И. Бычкова – д-р б.н., проф.,
О.В. Васнёва – к-т г.-м.н., И.В. Войтов – д-р тех.н., проф.,
М.Г. Герменчук – к-т тех.н., доц., С.Е. Головатый – д-р с.х.н., проф.,
В.В. Гричик – д-р б.н., проф., С.А. Дубенок – к-т тех.н., Н.И. Жаркина,
Д.Л. Иванов – д-р г.н., доц., А.К. Карабанов – д-р г.-м.н., проф., академик,
И.М. Качановский – к-т б.н., А.И. Ковалевич – к-т с.х.н., доц.,
Б.В. Курзо – д-р тех.н., В.В. Лапа – д-р с.х.н., проф., член-корреспондент,
А.А. Махнач – д-р г.-м.н., проф., академик, С.Б. Мельнов – д-р б.н., проф.,
А.В. Неверов – д-р э.н., проф., М.П. Оношко – д-р г.-м.н.,
А.В. Пугачевский – к-т б.н., В.П. Семенченко – д-р б.н., член-корреспондент,
В.В. Титок – д-р б.н., член-корреспондент, В.С. Хомич – д-р г.н.,
В.А. Цинкевич – к-т б.н., доц., О.С. Шимова – д-р э.н., проф.

УДК 57.081.23, 57.087.1

Н.П. Дмитриевич

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ СППР «ASSISTANT CHOICE»

В настоящее время водоросли находят все более широкое применение в аквакультуре и других отраслях сельского хозяйства и промышленности. В связи с этим немаловажную роль играет поиск новых продуктивных штаммов и подбор условий культивирования уже существующих, основанный на грамотной оценке содержащихся в клетках и выделяемых в среду для культивирования питательных веществ и микроэлементов. Исследования показали возможность применения программы «Assistant Choice» при решении подобных задач, для упрощения процедуры анализа полученных экспериментальных данных и их оценки.

Введение

Являясь неотъемлемой частью природных гидробиоценозов, водоросли представляют собой богатейший источник белковых веществ, витаминов, микроэлементов и других разнообразных ценных и уникальных биоорганических соединений. Их большим преимуществом является физиолого-биохимическое разнообразие и лабильность химического состава, что позволяет осуществлять управляемый биосинтез ценных химических природных соединений [2, 9, 10, 11]. Выделяя в окружающую среду различные биологически активные вещества, водоросли оказывают регуляторное воздействие на другие организмы и способны утилизировать некоторые органические соединения, соли тяжелых металлов и радионуклиды, тем самым активно участвуя в процессах самоочищения загрязненных вод [8]. Многообразие функций водорослей обуславливает широкий спектр их использования. Сфера применения водорослей включает несколько основных направлений: непосредственное использование самой биомассы, использование биомассы как сырья для получения каких-либо ценных веществ, а также применение ассимиляционных свойств микроводорослей для мелиорации водной среды [3].

Пигментный состав планктонных водорослей характеризуется большим разнообразием. Помимо обязательного для всех хлорофилла *a*, определение концентрации которого может служить методом быстрой оценки биомассы и продукции фитопланктона, у них имеется большое число других пигментов, из которых многие встречаются только в водорослях. К ним относятся хлорофилл *c* и фукоксантин диатомовых и перидиниевых, фикобилины сине-зеленых и красных водорослей. Каротиноиды представляют собой более стабильный компонент пигментной системы, чем хлорофилл *a*. Усиление в клетках каротиногенеза или разрушение хлорофилла свидетельствует о замедлении процессов метаболизма и ухудшении физиологического состояния водорослей [15]. Особый интерес представляют работы, посвященные использованию водорослей в аквакультуре [12, 13, 14, 16], проводимые на прудах различных рыбоводных зон [1, 6, 7], так как результаты таких исследований имеют непосредственный выход в практику.

В данном исследовании проанализированы различные виды микроводорослей. Все они принадлежали к отделу *Chlorophyta*, но характеризовались различным жизненным циклом, уровнем метаболизма и требованиями к условиям окружающей среды. В ходе проведения исследований было получено достаточно большое количество данных, отражающих качественный и количественный состав питательных веществ микроводорослей.

Как известно, очень часто одной из основных проблем при анализе результатов исследований является большой объем данных в сочетании с их многокритериальностью, что значительно усложняет процесс выбора наиболее репрезентативных показателей, и снижает уровень объективности выводов.

Одним из решений вышеупомянутой проблемы может стать более широкое применение не только статистической обработки данных при обработке результатов исследований, но и дополнение их системами поддержки принятия решений (СППР) как нового варианта обработки показателей и повышения объективности знаний. СППР – комплекс математических методов и моделей, объединенных общей методикой формирования альтернатив и обоснования выбора наиболее приемлемого решения. Данные системы позволяют осуществлять обработку больших объемов данных [4].

Для того чтобы наиболее корректно сделать выбор одной или нескольких лучших альтернатив из множества, необходимо определить цель и критерии, по которым будет проводиться оценка альтернативных вариантов после чего станет возможным использование СППР.

Материалы и методы

Целью данных исследований было использование наиболее распространенной универсальной СППР «Assistant Choise» для целей обработки большого объема данных в биологии. Возможность ее практического применения показана на примере обработки данных эксперимента, в котором были исследованы 14 видов водорослей по нескольким параметрам. Все полученные в ходе исследования данные были статистически обработаны с помощью программы STATISTICA 6.0. По результатам проведенного статистического анализа были выбраны наиболее оптимальные методы определения качественного и количественного содержания питательных веществ в клетках микроводорослей, которые в дальнейшем использовались для обработки с помощью СППР.

В ходе обработки полученных в результате эксперимента данных была выявлена иерархия, учитывающая значимость параметров жизнедеятельности водорослей. Так, в конце процесса культивирования микроводорослей была собрана сырая биомасса, часть которой была высушена. Таким образом, был определен главный критерий – «продуктивность» и два его подкритерия: «выход сухой биомассы» и «выход сырой биомассы». Вторым критерием оценки ценности водорослей стало содержание каротиноидов. Внутри него было выделено два подкритерия: «общий выход каротиноидов» и «общий выход видов каротиноидов». Последний был поделен еще на пять в зависимости от конкретного вида: «неоксантин», «кантаксантин», «астаксантин», «лютеин», «β-каротин». Третьим критерием оценки стало содержание липидов, в котором, было выделено три подкритерия: «общий выход липидов», «общий выход жирных кислот» и «общий выход классов липидов». Последний был разделен еще на 4 в зависимости от содержащихся классов липидов: «триацилглицерины», «диацилглицерины», «моноацилглицерины» и «фосфатидилглицерины». Иерархическое распределение влияющих факторов позволило произвести их объективную оценку и оценку альтернатив согласно требованиям каждой из программ с получением конечного результата в виде лучшей альтернативы.

Результаты

Выявление иерархии критериев и оценка данных критериев в программе «Assistant Choice»

При обработке полученных в ходе исследования данных была использована программа «Assistant Choise». Для работы в данной программе необходимо выявить иерархию влияющих факторов. При этом следует соблюдать определенные правила:

- 1) число факторов должно быть больше одного для каждого уровня и подуровня (одинаковое количество на каждом уровне и подуровне необязательно); подуровней может не быть вовсе.
- 2) количество ступеней иерархии должно быть одинаковым для каждого фактора первого уровня [5].

В ходе обработки полученных данных была выявлена иерархия, в которой были учтены все основные параметры оценки микроводорослей. Данная иерархия критериев представлена на рисунке 1.

После определения иерархии критериев каждый из факторов (критериев и подкритериев) был оценен. Оценка факторов производилась с учетом значимости каждого из них и степени влияния на конечный результат. Исходя из этого, факторы были оценены следующим образом:

Продуктивность, в баллах:	Содержание каротиноидов, в баллах:
Выход сухой биомассы – 10;	Общий выход каротиноидов – 10;
Выход сырой биомассы – 9.	Общий выход видов каротиноидов – 9;
	Неоксантин – 9; Астаксантин – 9;
	Лютеин – 10; Кантаксантин – 9;
	β-каротин – 9.

Содержание липидов, в баллах: Общий выход липидов – 10; Общий выход классов липидов – 9;
Триацилглицерины (ТАГ) – 10; Диацилглицерины (ДАГ) – 9; Моноацилглицерины (МАГ) – 8;
Фосфатидилглицерины (ФГ) – 7. Общий выход жирных кислот – 9.

На основании вышеуказанных оценок система автоматически рассчитывает коэффициенты для всех факторов. Построенная в программе иерархия критериев и относительные коэффициенты факторов представлены на рисунке 2.

Полученные относительные коэффициенты факторов в дальнейшем использованы для анализа и формирования конечного результата.

Разработка шкалы для оценки каждой альтернативы

В ходе исследования изучали качественное и количественное содержание различных питательных веществ в составе 14 микроводорослей. Количественные значения, полученные в ходе исследования для каждой из них наравне с качественными показателями, рассматривались как отдельные альтернативы. Таким образом, для каждого критерия и подкритерия насчитывалось 14 альтернатив.

Разработка шкалы для оценки альтернатив по подкритериям «выход сухой биомассы» и «выход сырой биомассы»

Для оценки альтернатив таких подкритериев как «выход сухой биомассы» и «выход сырой биомассы» были использованы данные приведенные в таблице 1.

На основании полученных данных была построена шкала для оценки альтернатив в программе «Assistant Choice».

Шкала для оценки альтернатив подкритерия «выход сухой биомассы», баллов – г/л:

- 10 – 1,72669–1,89680;
- 9 – 1,55655–1,72668;
- 8 – 1,38641–1,55654;
- 7 – 1,21627–1,38640;
- 6 – 1,04613–1,21626;
- 5 – 0,87599–1,04612;
- 4 – 0,70585–0,87598;
- 3 – 0,53571–0,70584;
- 2 – 0,36557–0,53570;
- 1 – 0,19540–0,36556.

Шкала для оценки альтернатив подкритерия «выход сырой биомассы», баллов – г/л:

- 10 – 7,51923–8,17510;
- 9 – 6,86336–7,51922;
- 8 – 6,20749–6,86335;
- 7 – 5,55162–6,20748;
- 6 – 4,89575–5,55161;
- 5 – 4,23988–4,89574;
- 4 – 3,58401–4,23987;
- 3 – 2,92814–3,58400;
- 2 – 2,27227–2,92813;
- 1 – 1,61640–2,27226.

Здесь и далее в шкале приведены интервалы, в границах которых могут находиться полученные в ходе эксперимента числовые данные. Числовые данные с точностью в пять знаков после запятой использовалась только при компьютерной обработке, т. е. не были получены при работе непосредственно с лабораторным оборудованием. Такая высокая точность необходима ЭВМ для распознавания границ интервала и грамотной оценки альтернатив. Согласно данной шкале каждая из альтернатив (каждая из 14 микроводорослей) была оценена по соответствующим подкритериям (таблица 2).

Полученные в результате разработки шкалы и оценки данные использовались для составления системы относительных коэффициентов (рисунок 3).

На основании анализа данных коэффициентов программой была выбрана наилучшая микроводоросль по вышеуказанным критериям.

Разработка шкалы для оценки альтернатив по подкритерию «общий выход каротиноидов»

Для оценки альтернатив подкритерия «общий выход каротиноидов» были использованы данные приведенные в таблице 3.

На основании полученных данных была построена шкала для оценки альтернатив в программе «Assistant Choice». Шкала для оценки альтернатив подкритерия «общий выход каротиноидов», баллов – мг/гсб:



Рисунок 1 – Иерархия комплекса критериев и подкритериев влияющих факторов.

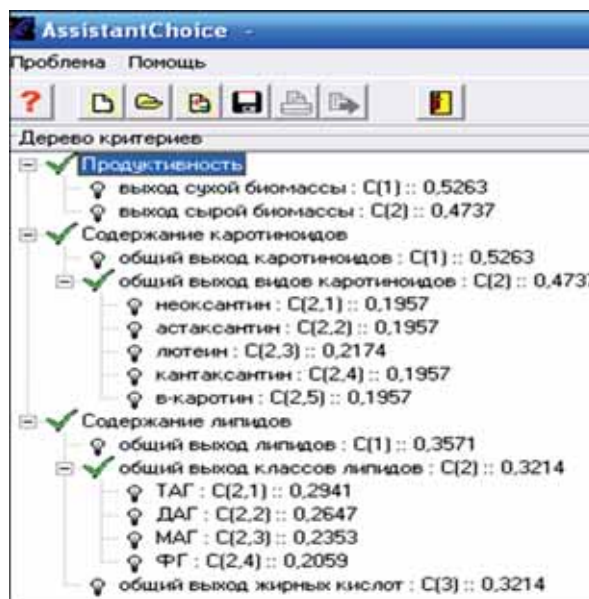


Рисунок 2 – Иерархия влияющих факторов и их относительные коэффициенты.

Н.Г. Дмитривич – Оценка содержания питательных веществ микроводорослей с использованием программы «ASSISTANT CHOICE»

Таблица 1 – Значения показателя сырой и сухой биомассы микроводорослей

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Биомасса, г/л	
	Сырая	Сухая
A	1,616	0,655
B	7,185	1,319
C	3,808	0,928
D	5,209	1,328
E	5,377	1,336
F	6,064	1,446
G	7,172	1,420
H	4,110	1,067
I	4,689	1,232
J	1,856	0,195
K	1,670	0,282
L	5,179	0,768
M	8,175	1,897
N	5,482	1,474

Примечание: г/л – грамм /литр.

Таблица 2 – Оценка альтернатив по подкритериям «выход сухой биомассы» и «выход сырой биомассы»

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «выход биомассы», в баллах	
	Сырая	Сухая
A	1	1
B	9	7
C	4	5
D	6	7
E	6	7
F	7	8
G	9	8
H	4	6
I	5	7
J	1	1
K	1	1
L	6	4
M	10	10
N	6	8

Таблица 3 – Значения количественного содержания каротиноидов в составе микроводорослей

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание каротиноидов, мг/гсб	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание каротиноидов, мг/гсб
A	358,94	H	882,18
B	468,46	I	555,53
C	679,18	J	816,64
D	462,73	K	784,84
E	430,63	L	896,37
F	413,01	M	489,18
G	366,25	N	518,70

Примечание: здесь и далее мг/гсб – мг/грамм сухой биомассы.

10 – 842,62306–896,36530;
 9 – 788,88082–842,62305;
 8 – 735,13858–788,88081;
 7 – 681,39634–735,13857;
 6 – 627,65410–681,39633;
 5 – 573,91186–627,65400;

4 – 520,16962–573,9118; 3 – 466,42738–520,16961;
 2 – 412,68514–466,42737; 1 – 358,94290–412,68513.

Н.П. Дмитривич – Оценка содержания питательных веществ микроводорослей с использованием программы сплр «ASSISTANT CHOICE»

Оценка критериев Выбор альтернативы Результат											
Количество альтернатив: 14											
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	lambda
A										+	0,0125
B				+							0,0875
C						+					0,0625
D				+							0,0875
E				+							0,0875
F			+								0,1000
G			+								0,1000
H					+						0,0750
I				+							0,0875
J										+	0,0125
K										+	0,0125
L							+				0,0500
M	+										0,1250
N			+								0,1000

Рисунок 3 – Оценка альтернатив и их относительные коэффициенты. Значения оценок: 10 – очень высокая важность, 9 – важность в промежутке между высокой и очень высокой, 8 – высокая важность, 7 – важность в промежутке между средней и высокой, 6 – средняя важность, 5 – важность в промежутке между низкой и средней, 4 – низкая важность, 3 – важность в промежутке между низкой и очень низкой, 2 – очень низкая важность, 1 – важность ниже очень низкой.

Согласно данной шкале каждая из альтернатив была оценена по соответствующим подкритериям (таблица 4).

Полученные в результате разработки шкалы и оценки данные использовались для составления системы относительных коэффициентов аналогично представленным на рисунке 3.

Разработка шкалы для оценки альтернатив по подкритерию «общий выход видов каротиноидов»

Для оценки альтернатив подкритерия «общий выход видов каротиноидов» были использованы данные приведенные в таблице 5.

Таблица 5 – Значения общего содержания видов каротиноидов в составе микроводорослей

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание видов каротиноидов, мг/гсб	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание видов каротиноидов, мг/гсб
A	13,87	H	866,54
B	62,10	I	352,02
C	406,13	J	291,62
D	1,89	K	559,99
E	42,42	L	419,17
F	56,92	M	235,13
G	31,01	N	703,03

На основании полученных данных была построена шкала для оценки альтернатив в программе «Assistant Choice» по подкритерию «общий выход комплекса каротиноидов», баллов – мг/гсб:

- 10 – 780,0741–866,5390; 5 – 347,7496–434,2144;
 9 – 693,6092–780,0740; 4 – 261,2847–347,7495;
 8 – 607,1443–693,6091; 3 – 174,8198–261,2846;
 7 – 520,6794–607,1442; 2 – 88,3549–174,8194;
 6 – 434,2145–520,6793; 1 – 1,8900–88,3548.

Согласно данной шкале каждая из альтернатив была оценена по соответствующим подкритериям (таблица 6).

Полученные в результате разработки шкалы и

оценки данные использовались для составления системы относительных коэффициентов аналогично представленным на рисунке 3.

Как упоминалось выше, оценку микроводоросле проводили с учетом содержания 5 различных видов каротиноидов: неоксантина, астаксантина, лютеина, кантаксантина и β-каротина, для каждого из которых также была разработана отдельная шкала. На основании данной шкалы была проведена оценка альтернатив. Для оценки альтернатив вышеупомянутых подкритериев использовались данные приведенные в таблице 7.

На основании полученных данных было построено несколько шкал для оценки альтернатив в программе «Assistant Choice».

Шкала для оценки альтернатив подкритерия «неоксантин», баллов – мг/гсб:

- 10 – 20,8584–23,1760; 6 – 11,5880–13,9055;
 9 – 18,5408–20,8583; 5 – 9,2704–11,5879;
 8 – 16,2232–18,5407; 4 – 6,9528–9,2703;
 7 – 13,9056–16,2231; 3 – 4,6352–6,9527; 2 – 2,3176–4,6351; 1 – 0,0000–2,3175.

Шкала для оценки альтернатив подкритерия «астаксантин», баллов – мг/гсб:

- 10 – 4,45509–4,95010; 7 – 2,97005–3,46506; 4 – 1,48503–1,98004; 1 – 0,00000–0,49500.
 9 – 3,96008–4,45008; 6 – 2,47505–2,97005; 3 – 0,99002–1,48502;
 8 – 3,46507–3,96007; 5 – 1,98003–2,47504; 2 – 0,49501–0,99001;

Шкала для оценки альтернатив подкритерия «лютеин», баллов – мг/гсб:

- 10 – 45,87853–50,93560; 7 – 30,70732–3576438; 4 – 15,53611–20,59317; 1 – 0,36490–5,42196.
 9 – 40,82146–45,87852; 6 – 25,65026–30,70731; 3 – 10,47904–15,53610;
 8 – 35,76439–40,82145; 5 – 20,59318–25,65024; 2 – 5,42197–10,47903;

Шкала для оценки альтернатив подкритерия «кантаксантин», баллов – мг/гсб:

- 10 – 4,2102–4,6780; 9 – 3,7424–4,2101; 8 – 3,2746–3,7423; 7 – 2,8068–3,2745; 6 – 2,3390–2,8067;

Таблица 4 – Оценка альтернатив по подкритерию «общий выход каротиноидов»

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход видов каротиноидов», в баллах	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход видов каротиноидов», в баллах
A	1	H	10
B	3	I	4
C	6	J	9
D	2	K	8
E	2	L	10
F	2	M	3
G	1	N	3

Таблица 6 – Оценка альтернатив по подкритерию «общий выход видов каротиноидов»

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход видов каротиноидов», в баллах	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход видов каротиноидов», в баллах
A	1	H	10
B	1	I	5
C	5	J	4
D	1	K	7
E	1	L	5
F	1	M	3
G	1	N	9

Н.П. Дмитриевы – Оценка содержания питательных веществ микроводорослей с использованием программы «ASSISTANT CHOICE»

Таблица 7 – Значения количественного содержания 5 видов каротиноидов в составе микроводорослей

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание различных видов каротиноидов, мг/гсб				
	Неоксантин	Астаксантин	Лютеин	Кантаксантин	β-каротин
A	0,000	0,286	1,387	0,000	12,194
B	0,319	0,782	4,962	0,273	55,764
C	10,709	4,902	25,219	1,161	364,139
D	0,000	0,000	0,365	0,330	1,195
E	0,254	0,000	3,699	0,512	37,959
F	0,576	0,684	4,648	1,174	49,837
G	0,000	0,000	1,326	0,472	29,216
H	15,879	4,950	50,936	4,678	790,097
I	5,696	1,603	25,640	0,000	319,081
J	2,703	1,318	10,923	1,283	275,713
K	16,186	3,426	21,714	0,000	518,667
L	8,898	2,304	23,944	0,000	384,021
M	4,926	2,218	19,528	0,000	208,453
N	23,176	0,859	40,835	0,000	638,161

Полученные в результате разработки шкалы и оценки данные использовались для составления системы относительных коэффициентов аналогично представленным на рисунке 3.

Разработка шкалы для оценки альтернатив подкритерия «общий выход липидов»

Для оценки альтернатив подкритерия «общий выход липидов» были использованы данные приведенные в таблице 9.

Таблица 9 – Значения количественного содержания липидов в составе микроводорослей

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание липидов, мг/гсб	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание липидов, мг/гсб
A	761,06	H	679,93
B	953,26	I	884,66
C	769,46	J	883,11
D	536,26	K	941,80
E	714,36	L	631,84
F	532,51	M	956,80
G	687,04	N	607,94

6 – 744,65828–787,08695; 5 – 702,22959–744,65827; 4 – 659,80091–702,22958; 3 – 617,37222–659,80090; 2 – 574,94354–613,37221; 1 – 532,51485–574,94353.

Согласно данной шкалы каждая из альтернатив была оценена по соответствующим подкритериям (таблица 10).

Полученные в результате разработки шкалы и оценки данные использовались для составления системы относительных коэффициентов аналогично представленным на рисунке 3.

Разработка шкалы для оценки альтернатив подкритерия «общий выход классов липидов»

Для оценки альтернатив подкритерия «общий выход классов липидов» были использованы данные приведенные в таблице 11.

5 – 1,8712–2,3389; 4 – 1,4034–1,8711; 3 – 0,9356–1,4033; 2 – 0,4678–0,9355; 1 – 0,0000–0,4677.

Шкала для оценки альтернатив подкритерия «β-каротин», баллов – мг/гсб:

10 – 711,20633–790,0965; 5 – 316,75548–395,64564; 9 – 632,31616–711,2032; 4 – 237,86531–316,75547; 8 – 553,42599–632,31615; 3 – 158,97514–237,86530; 7 – 474,53582–553,42598; 2 – 80,08497–158,97513; 6 – 395,64565–474,53581; 1 – 1,19480–80,08496.

Согласно данной шкалы каждая из альтернатив была оценена по соответствующим подкритериям (таблица 8).

Таблица 8 – Оценка альтернатив по подкритериям «неоксантин», «астаксантин», «лютеин», «кантаксантин», «β-каротин»

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерии, в баллах				
	Неоксантин	Астаксантин	Лютеин	Кантаксантин	β-каротин
A	1	1	1	1	1
B	1	2	1	1	1
C	5	10	5	3	5
D	1	1	1	1	1
E	1	1	1	2	1
F	1	2	1	3	1
G	1	1	1	2	1
H	7	10	10	10	10
I	3	4	5	1	5
J	2	3	3	3	4
K	7	7	5	1	7
L	4	5	5	1	5
M	3	5	4	1	3
N	10	2	9	1	9

На основании полученных данных была построена шкала для оценки альтернатив в программе «Assistant Choice» по подкритерию «общий выход липидов», баллов – мг/гсб:

10 – 914,37302–956,80170; 9 – 871,94433–914,37301; 8 – 829,51565–871,94432; 7 – 787,08696–829,51564;

Н.П. Дмитривич – Оценка содержания питательных веществ микроводорослей с использованием программы сплр «ASSISTANT CHOICE»

Таблица 10 – Оценка альтернатив по подкритерию «общий выход липидов»

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход липидов», в баллах	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход липидов», в баллах
A	6	H	4
B	10	I	9
C	6	J	9
D	1	K	10
E	5	L	3
F	1	M	10
G	4	N	2

Таблица 11 – Значения общего содержания классов липидов в составе микроводорослей

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание классов липидов, мг/гсб	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание классов липидов, мг/гсб
A	700,34	H	478,59
B	697,02	I	613,24
C	534,70	J	634,51
D	409,40	K	763,12
E	458,64	L	535,67
F	408,02	M	783,75
G	528,68	N	530,58

На основании полученных данных была построена шкала для оценки альтернатив в программе «Assistant Choice» по подкритерию «общий выход классов липидов», баллов – мг/гсб:

- 10 – 746,1732–783,7463;
- 9 – 708,6001–746,1731;
- 8 – 671,0270–708,6000;
- 7 – 633,4539–671,0269;
- 6 – 595,8808–633,4538;
- 5 – 558,3077–595,8807;
- 4 – 520,7346–558,3076;
- 3 – 483,1615–520,7345;
- 2 – 445,5884–483,1614;
- 1 – 408,0153–445,5883.

Согласно данной шкале каждая из альтернатив была оценена по соответствующим подкритериям (таблица 12).

Полученные в результате разработки шкалы и оценки данные использовались для составления системы относительных коэффициентов аналогично представленным на рисунке 3.

Как упоминалось выше, оценку микроводорослей проводили с учетом содержания 5 различных классов липидов: триацилглицерина (ТАГ), диацилглицерина (ДАГ), моноацилглицерина (МАГ), фосфатидилглицерина (ФГ). Для всех подкритериев была разработана единая шкала, на основании которой была проведена оценка альтернатив. Для оценки

Таблица 12 – Оценка альтернатив по подкритерию «общий выход классов липидов»

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход классов липидов», в баллах	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход классов липидов», в баллах
A	8	H	2
B	8	I	6
C	4	J	7
D	1	K	10
E	2	L	4
F	1	M	10
G	4	N	4

Таблица 13 – Значения количественного содержания 5 классов липидов в составе микроводорослей

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание различных классов липидов, мг/гсб			
	ТАГ	ДАГ	МАГ	ФГ
A	700,3442	0,0000	0,0000	0,0000
B	697,0187	0,0000	0,0000	0,0000
C	534,7003	0,0000	0,0000	0,0000
D	409,4046	0,0000	0,0000	0,0000
E	458,6401	0,0000	0,0000	0,0000
F	408,0153	0,0000	0,0000	0,0000
G	528,6773	0,0000	0,0000	0,0000
H	478,5885	0,0000	0,0000	0,0000
I	613,2411	0,0000	0,0000	0,0000
J	633,3021	0,8238	0,0000	1,6002
K	763,1185	0,0000	0,0000	0,0000
L	535,6694	0,0000	0,0000	0,0000
M	783,6125	0,0000	0,1339	0,0000
N	530,5841	0,0000	0,0000	0,0000

Примечание: мг/гсб – мг/грамм сухой биомассы, ТАГ – триацилглицерина, ДАГ – диацилглицерина, МАГ – моноацилглицерина, ФГ – фосфатидилглицерина.

альтернатив вышеупомянутых подкритериев использовались данные приведенные в таблице 13.

На основании полученных данных была построена единая шкала для оценки альтернатив в программе «Assistant Choice» по подкритериям «триацилглицерина», баллов – мг/гсб:

- 10 – 746,05278–783,61250; 5 – 558,25418–595,81380;
- 9 – 708,49306–746,05277; 4 – 520,69446–558,25417;
- 8 – 670,93334–708,49305; 3 – 483,13474–520,69445;
- 7 – 633,37620–670,93333; 2 – 445,57502–483,13473;
- 6 – 595,81390–633,37361; 1 – 408,01530–445,57501.

В связи наличием ДАГ, МАГ и ФАГ только у одной определенной микроводоросли, шкалу для их оценки по подкритериям «диацилглицерина», «моноацилглицерина» и «фосфатидилглицерина» не составляли.

Согласно данной шкале каждая из альтернатив была оценена по соответствующим подкритериям (таблица 14).

Полученные в результате разработки шкалы и оценки данные использовались для составления системы относительных коэффициентов аналогично представленным на рисунке 3.

Н.П. Дмитриев – Оценка содержания питательных веществ микроводорослей с использованием программы стрп «ASSISTANT CHOICE»

Таблица 14 – Оценка альтернатив по подкритериям «ТАГ», «ДАГ», «МАГ», «ФГ»

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерии			
	ТАГ	ДАГ	МАГ	ФГ
A	8	1	1	1
B	8	1	1	1
C	4	1	1	1
D	1	1	1	1
E	2	1	1	1
F	1	1	1	1
G	4	1	1	1
H	2	1	1	1
I	6	1	1	1
J	6	10	1	10
K	10	1	1	1
L	4	1	1	1
M	10	1	10	1
N	4	1	1	1

Таблица 16 – Оценка альтернатив по подкритерию «общий выход жирных кислот»

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход жирных кислот», в баллах	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Подкритерий «общий выход жирных кислот», в баллах
A	1	H	8
B	1	I	4
C	3	J	2
D	5	K	2
E	10	L	3
F	4	M	3
G	8	N	3

Разработка шкалы для оценки альтернатив подкритерия «ОБЩИЙ ВЫХОД ЖИРНЫХ КИСЛОТ»

Для оценки альтернатив подкритерия «общий выход жирных кислот» были использованы данные приведенные в таблице 15.

Таблица 15 – Значения количественного содержания жирных кислот в составе микроводорослей

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание жирных кислот, мг/гсб	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Содержание жирных кислот, мг/гсб
A	8,393	H	338,616
B	13,493	I	186,333
C	123,965	J	64,274
D	194,547	K	84,072
E	469,007	L	125,282
F	173,575	M	133,910
G	332,995	N	120,245

На основании полученных данных была построена шкала для оценки альтернатив в программе «Assistant Choice» по подкритерию «общий выход жирных кислот», баллов – мг/гсб:

- 10 – 422,94531–469,00672;
- 9 – 376,88390–422,94531;
- 8 – 330,82248–376,88390;
- 7 – 284,76107–330,82248;
- 6 – 238,69966–284,76107;
- 5 – 192,63825–238,69966;
- 4 – 146,57684–192,63825;
- 3 – 100,51542–146,57684;
- 2 – 54,45401–100,51542;
- 1 – 8,39260–54,45401.

Согласно данной шкале каждая из альтернатив была оценена по соответствующим подкритериям (таблица 16).

Полученные в результате разработки шкалы и оценки данные использовались для составления системы относительных коэффициентов аналогично представленных на рисунке 3.

Выбор лучшей альтернативы и анализ полученных результатов

После выявления иерархии критериев и подкритериев и оценки альтернатив программой «Assistant Choice» был автоматически произведен сравнительный анализ критериев и подкритериев внутри каждого уровня иерархии. Каждой из альтернатив был выставлен свой коэффициент приоритета (рисунку 4).

Наилучшей была признана альтернатива «Н», имевшая наибольший по значению коэффициент приоритета. На основании полученного результата все микроводоросли были расположены в порядке убывания коэффициента приоритета, т. е. уменьшения содержания в них различных питательных веществ и их ценности (таблица 17).

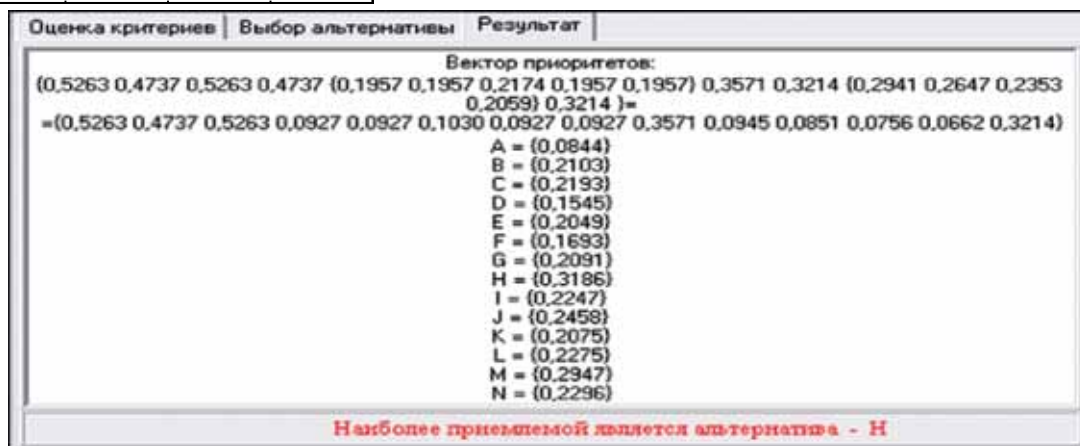


Рисунок 4 – Значения коэффициентов приоритета исследуемых альтернатив. Значения оценок: 10 – очень высокая важность, 9 – важность в промежутке между высокой и очень высокой, 8 – высокая важность, 7 – важность в промежутке между средней и высокой, 6 – сред-

Н.П. Дмитривич – Оценка содержания питательных веществ микроводорослей с использованием программы сптр «ASSISTANT CHOICE»

няя важность, 5 – важность в промежутке между низкой и средней, 4 – низкая важность, 3 – важность в промежутке между низкой и очень низкой, 2 – очень низкая важность, 1 – важность ниже очень низкой.

Таблица 17 – Сортировка микроводорослей в зависимости от выставленных коэффициентов приоритета.

Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Значение коэффициента приоритета	Код водоросли в программе «Assistant Choice»	Значение коэффициента приоритета
H	0,3210	B	0,2107
M	0,2986	G	0,2095
J	0,2466	K	0,2086
L	0,2299	E	0,2021
I	0,2254	F	0,1699
C	0,2211	D	0,1547
N	0,2174	A	0,0846

На основании проведенного объективного анализа максимальное количество питательных веществ содержит микроводоросль H, а минимальное – A.

Заключение

Таким образом, с использованием программы СППР «Assistant Choice» обработано достаточно большое количество экспериментальных данных о качественном и количественном составе питательных веществ микроводорослей. Выявлены микроводоросли с высокой питательной ценностью, с учетом целого ряда параметров: выход сырой биомассы, выход сухой биомассы, общий выход каротиноидов, содержание отдельных видов каротиноидов (неоксантин, астаксантин, кантаксантин, β-каротин, лютеин), общий выход липидов, общий выход классов липидов (триацилглицерины, диацилглицерины, моноацилглицерины, фосфатидилглицерины) и общий выход жирных кислот.

Из всего вышесказанного следует что, результатом применения СППР упрощает процесс обоснования и принятия решений, что в свою очередь, позволяет более объективно анализировать результаты, полученные в процессе исследований, и преодолевать трудности, связанные с объективной оценкой данных, обладающих многокритериальностью.

• Список литературы

- АНДРЮЩЕНКО А.И.** Проблемы повышения эффективности рыбного хозяйства внутренних водоемов Украины в условиях перехода к рыночным отношениям / А.И. Андрищенко // Проблемы разв. рыб. х-ва на внутр. вод. в услов. перехода к рыноч. отнош. – Минск, 1998. – С. 5–11.
- ГЕОРГИЦИНА К.А.** Водоросли – продуценты биоорганических соединений / К.А. Георгицина // Pontus Euxinus 2011: тезисы VII Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам водных экосистем, посвященной 140-летию Института биологии южных морей Национальной академии наук Украины, Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 66–67.
- ГОРБУНОВА С.Ю.** Об эффективности использования микроводорослей в промышленной биотехнологии с целью мелиорации водной среды и получения кормов для различных отраслей сельского хозяйства / С.Ю. Горбунова, Я.Д. Жондарева // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы VII Междунар. конф. / Керчь: ЮНИРО, 2012. – Т. 2. – С. 114–119.
- ДМИТРОВИЧ Н.П.** Применение систем поддержки принятия решений как нового метода обработки результатов исследований в биологии / Н.П. Дмитриевич, Т.В. Козлова, А.И. Козлов, Н.М. Райлян // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: междунар. науч. конф.; Двенадцатый съезд Белорус. обществ. объединения фотобиологов и биофизиков: сб. ст.: в 2 ч. Ч. 2 / редкол.: И.Д. Волоотовский [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2016. – С. 314–316.
- ЖЕЛЕЗКО Б.А.** Компьютерные информационные технологии: экспертные системы и системы поддержки принятия решений: Метод. рекомендации по выполнению лаборатор. работ / Б.А. Железко, О.А. Синявская, Л.П. Володько, А.А. Ахрамейко. – Минск: БГЭУ, 2004. – 51 с.
- ПРИВЕЗЕНЦЕВ Ю.А.** Рыбоводство / Ю.А. Привезенцев, В.А. Власов. – М.: Мир, 2004. – 456 с.
- СТОЛОВИЧ В.Н.** Комбинированные (интегрированные) рыбоводные хозяйства / В.Н. Столович // Аквакультура. Ресурсосбережение в товарном рыбоводстве. Интегрированное рыбоводство. – Минск, 1999. – С. 57–75.
- СУДНИЦЫНА Д.Н.** Экология водорослей Псковской области: учебное пособие / Д.Н. Судницына. – Псков: ПГПУ, 2005. – 128 с.
- COHEN Z.** Chemicals from Microalgae / Z. Cohen. – Wallington: Taylor and Francis Ltd, 1999. – 419 p.
- DHANALAKSHMI M.** Phytochemistry and antibacterial activity of Chlorosarcinopsis species / M. Dhanalakshmi, J. Angayarkanni // International Journal of Scientific & Technology Research. – 2013. – № 2 (10). – P. 315–321.
- GUSCHINA I.A.** Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae / I.A. Guschina, J.L. Harwood J.L. // Progress in Lipid Research. – 2006. – № 45. – P. 160–186.

Н.П. Дмитриевич – Оценка содержания питательных веществ микроводорослей с использованием программы СППР «ASSISTANT CHOICE»

12. **HEMAISWARYA S.** Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture / S. Hemaiswarya, R. Raja, R.R. Kumar, V. Ganesan, C. Anbazhagan // World Journal Microbiology and Biotechnology. – 2011. – № 27. – P. 1737–1746.
13. **HERSUGONDO.** Application of aquaculture natural food produce by protoplast fusion process of *Dunaliella salina* and *Phaffia rhodozyma* / Hersugondo, H.P. Kusumaningrum, M. Zainuri // Ilmu Kelautan. – 2010. – № 15(4). – P. 236–242.
14. **ISIK O.** Comparison of the fatty acid composition of the freshwater fish larvae *Tilapia zillii*, the rotifer *Brachionus calyciflorus*, and the microalgae *Scenedesmus abundans*, *Monoraphidium minimum* and *Chlorella vulgaris* in the algae-rotifer-fish larvae food chains / O. Isik, E. Sarihan, E. Kusvuran, O. Gul, O. Erbatur // Aquaculture. – 1999. – № 174. – P. 299–311.
15. **KOZLOV A.I.** Influence of the fulfilled beer yeast on the level of benthos in maturing ponds at the beginning of piscicultural season / A. Kozlov // Pond Aquaculture in Central and Eastern Europe in the 21-st Century: Handbook of abstracts. – Vodnany, Czech Repub. – 2001. – P. 16.
16. **MENGHE H.Li.** Effects of dried algae *Schizochytrium sp.*, a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus* / Li.H. Menghe, E.H. Robinson, C.S. Tucker, B.B. Manning, L. Khoo // Aquaculture. – 2009. – № 292. – P. 232–236.

НИЛ КТР УО «Полесский государственный университет»

(E-mail: natali-rigo@rambler.ru)

Рецензент Н.В. Шалыго

Поступила 30.08.2016

Н.П. Дмитрович

**АЦЭНКА ЎТРЫМАННЯ ПАЖЫЎНЫХ РЭЧЫВАЎ МІКРАВОВАДАРАСЦЕЙ
З ВЫКАРЫСТАННЕМ ПРАГРАМЫ СППР «ASSISTANT CHOICE»**

Адной з асноўных праблем пры аналізе вынікаў даследавання з'яўляецца досыць вялікі аб'ём дадзеных у спалучэнні з іх шматкрытэрыяльнасцю, што значна ўскладняе працэс выбару лепшай альтэрнатывы. Адным з рашэнняў вышэйзгаданай праблемы можа стаць больш шырокае прымяненне не толькі статыстычнай апрацоўкі дадзеных вынікаў даследаванняў, але і дапаўненне іх сістэмамі падтрымкі прыняцця рашэнняў як новага варыянту апрацоўкі дадзеных і прадастаўлення ведаў. У дадзенай працы зроблена спроба аўтаматызаваць працэс апрацоўкі атрыманых вынікаў з дапамогай СППР, што накіравана на аптымізацыю і павышэнне ўзроўню аб'ектыўнасці дадзенага працэсу. Выкарыстанне СППР дазволіла паставіць 14 відаў мікравоводарасцей паслядоўна і выбраць лепшую з іх, улічваючы дастаткова вялікую колькасць параметраў шляхам выстаўлення каэфіцыентаў прыярытэту не звяртаючыся да класічнага метаду складання табліц, якія змяшчаюць інфармацыю аб наяўнасці або адсутнасці ў кожнай з альтэрнатыв таго ці іншага параметру, што значна паскорыла і спрасціла працэс выбару. Такім чынам, у выніку прымянення СППР «Assistant Choice» карыстальніку прадстаўлены ў зручным выглядзе некалькі альтэрнатывных варыянтаў. У цэлым, выкарыстанне «Assistant Choice» спрасціла працэс абгрунтавання і прыняцця рашэнняў і дало магчымасць больш аб'ектыўна аналізаваць вынікі, атрыманыя ў працэсе даследаванняў. Гэта дапамагло пераадолець цяжкасці, звязаныя са шматкрытэрыяльнасцю, а таксама значна аптымізаваць і паскорыць дадзеную працэдуру.

N.P. Dzmitrovich

**EVALUATION OF NUTRIENT CONTENT
OF MICROALGAE USING SOFTWARE DSS «ASSISTANT CHOICE»**

One of the main problems in analyzing the results of the study is sufficiently large amount of data in conjunction with their multicriteria, which greatly complicates the process of selecting the best alternative. One of the aforementioned solutions to the problem may become more widely used, not only the statistical data processing of research results, but supplement it with decision

support systems as a new version of the data processing of results. In this paper we attempt to automate the processing of the results obtained with the help of DSS, which is aimed at optimizing and improving the fairness of the process. Using DSS allowed putting 14 species of algae consistently and choosing the best of them, given a sufficiently large number of parameters by issuing priority coefficients without resorting to the classical method of drawing up tables containing information about the presence or absence of each parameter in the alternatives that significantly accelerated and simplifies the selection process. Thus, the application of DSS «Assistant Choice» given user several alternatives in a convenient form. In general, the use of the «Assistant Choice» simplified substantiation process and decision-making, which, in turn, allowed more objectively analyze the results obtained in the research process. This has helped to overcome the difficulties associated with multicriteria and significantly streamline and expedite the procedure.

Н.П. Дмитривич – Оценка содержания питательных веществ микроводорослей с использованием программы стпр «ASSISTANT CHOICE»

СОДЕРЖАНИЕ

Водные ресурсы

А.В. Кудельский, А.В. Матвеев, Б.И. Коробейников, Э.С. Кашицкий, В.И. Пашкевич, В.А. Пономарев, Л.Г. Карпишевич. Месторождение минеральных радоновых вод: гидрогеология, радиохимическое состояние и оценка запасов	5
--	---

Биологические ресурсы

Д.П. Плакс. Стратиграфические комплексы ихтиофауны девонских отложений Вилейского погребенного выступа Белорусской антеклизы	14
В.П. Курченко, Т.В. Буткевич, Н.В. Пушкина, О.Ю. Зуева, В.П. Варламов, В.М. Завальнюк, О.И. Бородин, С.В. Буга. Физико-химические свойства биологически активных соединений из подмора пчел (<i>Apis mellifera</i> L.)	45
А.В. Алехнович, Д.В. Молотков Изменение живой массы длиннопалого рака в зависимости от длины тела	52
Ж.А. Рупасова, А.П. Яковлев, И.И. Лиштван, В.В. Титок, Т.И. Василевская, Н.Б. Криницкая, С.Ф. Жданец, О.С. Козырь, Л.В. Гончарова, Е.В. Жудрик. Влияние стимуляторов роста на урожайность и биохимический состав плодов растений рода <i>Vaccinium</i> на торфяных выработках Припятского Полесья	57
М.В. Ермохин, Н.В. Кныш. Влияние климата и пастбищного режима на радиальный прирост дуба (<i>Quercus robur</i> L.)	67

Природопользование, экологобезопасные и ресурсосберегающие технологии

Н.И. Шепелева, В.Н. Марцуль, И.В. Войтов. Оценка жизненного цикла «энергетических» плантаций при рекультивации иловых площадок	75
М.А. Ересько. Интегральный подход к комплексной оценке состояния окружающей среды в Республике Беларусь	86
А.И. Козлов, Т.В. Козлова, Н.Г. Кручинский, Г.А. Райлян, Н.П. Дмитриевич, Н.М. Райлян. Низкозатратные технологии аквакультуры для мелиоративных водоемов	101
Н.П. Дмитриевич. Оценка содержания питательных веществ микроводорослей с использованием программы СППР «ASSISTANT CHOICE»	109

Природопользование – управление и экономика

А.В. Унукович, Н.И. Соловцов, А.А. Лопатнюк, А.В. Краковецкий Эффективность использования природных энергетических ресурсов	120
--	-----

Хроника	133
----------------------	-----

ЗМЕСТ

Водныя рэсурсы

А.В. Кудзельскі, А.В. Мацвееў, Б.І. Карабейнікаў, Э.С. Кашыцкі, В.І. Пашкевіч, В.А. Панамароў, Л.Р. Карпішэвіч. Радовішча мінеральных радоновых вод: гідрагеалогія, радыёхімічны стан і ацэнка запасаў 5

Біялагічныя рэсурсы

Дз.П. Плакс. Стратыграфічныя комплексы іхтыяфаўны дэвонскіх адкладаў Вілейскага пахаванага выступу Беларускай антэклізы 14

У.П. Курчанка, Т.У. Буткевіч, Н.В. Пушкіна, В.Ю. Зуева, В.П. Варламаў, У.М. Завальнюк, А.І. Барадзін, С.У. Буга. Фізіка-хімічныя ўласцівасці біялагічна актыўных злучэнняў з падмору пчол (*Apis mellifera* L.) 45

А.В. Аляхновіч, Д.В. Малаткоў. Змена жывой масы даўгалапага рака ў залежнасці ад даўжыні цела 52

Ж.А. Рупасова, А.П. Якаўлеў, І.І. Ліштван, У.У. Ціток, Т.І. Васілеўская, Н.Б. Крыніцкая, С.Ф. Жданец, В.С. Козыр, Л.У. Ганчарова, К.В. Жудрык. Уплыў стымулятараў росту на ўраджайнасць і біяхімічны склад пладоў раслін роду *Vaccinium* на тарфяных распрацоўках Прыпяцкага Палесся 57

М.В. Ермохін, Н.В. Кныш. Уплыў клімату і пашавага рэжыму на радыяльны прырост дуба (*Quercus robur* L.) 67

Прыродакарыстанне, экалагабяспечныя і рэсурсазберагальныя тэхналогіі

Н.І. Шэпелева, У.М. Марцэль, І.В. Войтаў. Ацэнка жыццёвага цыклу «энергетычных» плантацый пры рэкультывацыі глеевых пляцовак 75

М.А. Ересько. Інтэгральны падыход да комплекснай ацэнкі навакольнага асяроддзя ў Рэспубліцы Беларусь 86

А.І. Казлоў, Т.В. Казлова, Н.Г. Кручынскі, Г.А. Райлян, Н.П. Дзмітровіч, Н.М. Райлян. Нізказатратныя тэхналогіі аквакультуры для меліярацыйных вадаёмаў 101

Н.П. Дзмітровіч. Ацэнка зместу пажыўных рэчываў мікраводарасцей з выкарыстаннем праграмы СППР «ASSISTANT CHOICE» 109

Прыродакарыстанне – кіраванне і эканоміка

А.У. Унуковіч, М.І. Салаўцоў, А.А. Лапатнюк, А.В. Кракавецкі. Эфектыўнасць выкарыстання прыродных энергетычных рэсурсаў 120

Хроніка 133

CONTENTS

Water Resources

A.V. Kudelsky, A.V. Matveyev, B.I. Korobeinikov, E.S. Kashitsky, V.I. Pashkevich, V.A. Ponomarev, L.G. Karpishevich. Deposit of mineral radon waters: hydrogeology, radiochemistry state, and estimation of supplies 5

Biological Resources

D.P. Plax. Stratigraphic ichthyofauna assemblages of the Devonian deposits of the Vileyka buried ridge of the Belarusian anticline 14

V.P. Kurchenko, T.V. Butkevich, N.V. Pushkina, O.Y. Zueva, V.P. Varlamov, V.M. Zavalniuk, O.I. Borodin, S.V. Buga. Physical and chemical properties of biologically active compounds from bees (*Apis mellifera* L.) 45

A.V. Alekhnovich, D.V. Molotkov. The change of body weight of narrow-clawed Crayfish depending on its body length 52

Zh. Rupasova, A. Yakovlev, I. Lishtvan, V. Titok, T. Vasileuskaya, N. Krynitskaya, S. Zhdanets, O. Kozyr, L. Goncharova, E. Zhudrik. Influence of growth-promoting factors on fruitfulness and fruit biochemical composition of genus *Vaccinium* plants in depleted peatlands of Pripjatsky Polesye 57

M.V. Yermokhin, N.V. Knysh. Climate and grazing impact on a radial increment of oak (*Quercus robur* L.) 67

Nature Management, Ecologically Safe and Resource-Saving Technologies

N.I. Shepeleva, V.N. Martsul', I.V. Voytov. Life cycle assessment of «energetic» plantations for sludge lagoons reclamation 75

M.A. Yeresko. Integrated approach to comprehensive environmental assessment in the Republic of Belarus 86

A.I. Kozlov, T.V. Kozlova, N.G. Kruchynsky, G.A. Raylyan, N.P. Dzmitrovich, N.M. Raylyan. Cost effective technology of marketable fish in pond aquaculture 101

N.P. Dzmitrovich. Evaluation of nutrient content of microalgae using software DSS «ASSISTANT CHOICE» 109

Nature Management – Administration and Economics

A.V. Unukovich, N.I. Solovtsov, A.A. Lopatnyuk, A.V. Krakovetski. The efficiency of natural energy resources 120

Chronicle 133