

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЁМОВ ВЫЛОВА РЫБЫ В ОЗЕРАХ И ВОДОХРАНИЛИЩАХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

М. Сариева, Mairam.Sarieva@fao.org, Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций (ФАО ООН), Проект GCP/KYR/012/FIN, г. Бишкек, Кыргызская Республика

М. Алияскаров, shotkaraev@mail.ru, Департамент пастбищ, животноводства и рыбного хозяйства при Министерстве сельского хозяйства, пищевой промышленности и мелиорации, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Б. Дженбаев, kg.bek.bm@bk.ru, Национальная Академия наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика

А. Сергек уулу, mr.sergekuulu@mail.ru, Национальная Академия наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Цель. Разработать эмпирическую модель прогнозирования улова рыбы в озерах и водохранилищах Кыргызской Республики на основе легко измеряемых физико-химических и биологических параметров для эффективного управления и устойчивого использования рыбных ресурсов.

Методика. Пробы воды для последующего анализа отбирали один раз в каждом сезоне (зима, весна, лето, осень) в течение 2014-2015 г. Выборка состояла из следующих параметров: температура воды, кислотно-щелочной баланс воды (рН), электропроводность, содержание растворенного кислорода, минерализация, общая щелочность, нитраты, хлорофилл «а».

Отбор проб проводился в поверхностном слое воды на глубине 0,5 м. в стерильные химические бутылки объемом 250 мл.

Содержание хлорофилла «а» определяли спектрофотометрическим методом в лабораторных условиях по методу, описанному Х. П. Стирлингом. Общую щелочность — титрованием раствора тетраборнокислого натрия (обратное титрование), нитраты — фотометрическим методом с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редукторе.

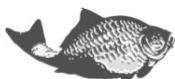
Измерение параметров, которые быстро изменяются, таких как концентрация растворенного кислорода (O₂), кислотно-щелочной баланс (рН), температура воды, электропроводность, минерализация осуществляли при помощи аппаратуры, рассчитанной на работу в полевых условиях — «ОАКТОН» DO 110, «ОАКТОН» PH 11, «Orion Star» A 322.

Результаты. Согласно анализу данных, ряд индексов, таких как, морфо-эдафический индекс (МЭИ), первичная продуктивность и биомасса фитопланктона — это существенные показатели при прогнозировании возможных объемов улова, в озерах и водохранилищах умеренных и тропических широт. В ходе наших исследований было выявлено, что с увеличением морфо-эдафического индекса увеличивается вылов рыбы на единицу площади. По результатам проведенного анализа была разработана модель прогнозирования улова рыбы в шести водоемах Кыргызской Республики, которая имеет следующий вид:

$$Y = 0,1154 \times \text{МЭИ}_э^{1.1628},$$

$$Y = 0,5613 \times \text{МЭИ}_щ^{1.1786},$$

© Сариева Майрам, Алияскаров Маил, Дженбаев Бекмамат, Сергек уулу Айбек, 2018



где: Y — улов рыбы, кг/га/год;

МЭИэ — морфо-эдафический коэффициент электропроводности;

МЭИщ — морфо-эдафический коэффициент щелочности.

Научная новизна. Это первое исследование, направленное на разработку эмпирической модели прогнозирования улова рыбы в озерах и водохранилищах Центрально-Азиатского региона. Предложенная Модель, разработанная на основе МЭИ с применением статистического метода анализа, предоставляет существенную практическую помощь при планировании рыбохозяйственного потенциала озёр и водохранилищ в регионах с подобными условиями окружающей среды.

Практическая значимость. Предложенная эмпирическая модель на основе МЭИ может быть использована для управления рыбными запасами в пресноводных водоёмах умеренных и тропических широт.

Ключевые слова: лимнологические параметры, морфо-эдафический индекс (МЭИ), эмпирическая модель прогнозирования улова рыбы.

FISH YIELD PREDICTION IN WATER BODIES OF THE KYRGYZ REPUBLIC

M. Sarieva, Mairam.Sarieva@fao.org, Food and Agriculture Organization of the United Nations, GCP/KYR/012/FIN Project, Bishkek Kyrgyz Republic

M. Aliaskarov, chotkaraev@mail.ru, Department of Pastures, Livestock and Fisheries of the Ministry of Agriculture, Food Industry and Melioration of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

B. Dzhenbaev, kg.bek.bm@bk.ru, National Academy of Science of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

A. Sergек uulu, mr.sergekuulu@mail.ru, National Academy of Science of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

Purpose. The development of a Fish Yield Prediction Model for lakes and water reservoirs of the Kyrgyz Republic based on easily measured physico-chemical and biological indicators (limnological parameters) for the effective management and sustainable use of fish resources.

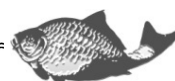
Methodology. Water samples for the analysis were taken once at each season (winter, spring, summer, autumn) during 2014 - 2015. The sampling included the collection of the following parameters: water temperature, acid-base balance of water (pH), electrical conductivity, dissolved oxygen, total dissolved solids (TDS), total alkalinity, nitrates, chlorophyll *a*.

The samples were taken in surface layer of water at a depth of 0.5 m into 250 ml sterile chemical bottles.

Chlorophyll "a" concentration was measured by a spectrophotometric method in laboratory conditions, according to a method described by Stirling H.P. The total alkalinity was determined by titration of sodium tetraborate solution (reverse titration), nitrates were determined by a photometric method with the Griss reagent after reduction in the cadmium reducing agent.

The measurement of rapidly changing parameters, such as dissolved oxygen concentration (O_2) was carried out by portable field equipment "OAKTON" DO 110, acid-base balance (pH) – "OAKTON" PH 11, measurement of water temperature, electrical conductivity, total dissolved solids (TDS) was carried out with the device "Orion Star" A 322. All measurements were taken directly in water areas.

Findings. According to data analysis, a number of indices, such as the morpho-edaphic index (MEI), primary productivity and biomass of phytoplankton, are strong indicators of fish yield, both in temperate and tropical lakes and reservoirs. It was identified that with an increase in the morpho-edaphic index, fish yield per unit area increases. Based on the results of our analysis, a Fish yield prediction model in six water bodies of the Kyrgyz Republic was developed, which has the following form:



$$Y = 0.1154 \times MEIc^{1.1628};$$

$$Y = 0.5613 \times MEIa^{1.1786};$$

where: Y - fish yield, kg/ha/year;

$MEIc$ - Morpho-edaphic Index of Conductivity;

$MEIa$ - Morpho-edaphic Index of Alkalinity.

Originality. This is the first research on the empirical Model development of fish yield prediction for lakes and water reservoirs in Central Asian region. The proposed Fish Yield Prediction Model, developed on the basis of MEI, using the statistical method of analysis, has invaluable practical utility to understand the fisheries potential of lakes and water reservoirs in the region, where such environmental conditions prevail.

Practical value: If reliable data on fish stock assessment in water bodies are unavailable, the proposed model will be used as one of the tools in the management of fish stocks.

Key words. limnological parameters, morpho-edaphic index (MEI), empirical model of fish yield prediction, commercial fishery.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Общая площадь пресноводных озер и водохранилищ в Центральной Азии составляет достаточно большую площадь ($43\,475 \times 10^3 \text{ км}^2$), где имеется значительный потенциал для развития внутреннего рыболовства. Однако, в Кыргызской Республике, несмотря на наличие большого разнообразия водных ресурсов, рыболовство развивается недостаточно [1, 2].

С 1930 г., по рекомендации академика Л. С. Берга были сделаны первые попытки развития рыболовства в стране путем вселения новых видов рыб с целью улучшения видового и промыслового состава ихтиофауны в озерах Кыргызской Республики [3, 4].

Однако, интродукция новых видов рыб, возможно на тот момент не была достаточно изучена и не являлась научно обоснованной, в отдельных случаях данная стратегия зарыбления оказала пагубное влияние на ихтиофауну наших озер. Отмечается, что за последние годы многие эндемичные виды рыб на озере Иссык-Куль находятся на грани исчезновения, одной из причин чего является акклиматизация хищника — судака (*Sander lucioperca*) и других вселенцев, попавших случайно и наносящих вред рыбным запасам. Естественная продуктивность рыбы в озере Иссык-Куль (6292 км^2), которое представляет большой интерес в рыболовстве, отражает низкий рыбопромысловый потенциал, с примерным уловом в 1,5–2,0 кг/га/год [5].

Существующие в данное время модели по оценке рыб и их эксплуатации нуждаются в действенных мерах во избежание полного их сокращения и хищничества.

Как известно, на производство рыбы в озерах и водохранилищах влияют физико-химические факторы и биологические показатели продуктивности. В настоящее время многие ученые из разных стран предпринимают попытки связать уловы рыбы в озерах и водохранилищах с различными биотическими и абиотическими факторами. Ряд индексов, такие как морфо-эдафический



индекс (МЭИ), первичная продуктивность и биомасса фитопланктона, являются мощными показателями улова объектов промысла, как в умеренных, так и в тропических озерах и водохранилищах [6, 7]. Было выявлено, что с увеличением морфо-эдафического индекса увеличивается вылов рыбы на единицу площади. К примеру, в водохранилищах Шри-Ланки в результате исследований было выявлено, что физико-химические и биологические параметры, а также морфологические и эдафические факторы, включая протяженность водосборных бассейнов напрямую влияют на уловы рыбы [8–10].

Впервые Р. Райдер [11] разработал эмпирическую модель прогнозирования улова рыбы, используя МЭИ, указывая, что с увеличением данного индекса увеличивается вылов рыбы на единицу площади. Далее, Р. Райдером в своих исследованиях для североамериканских озер МЭИ был определен как отношение общего количества растворённых в воде твёрдых веществ (минерализация) к средней глубине [11]. Другие исследователи — Н. F. Henderson и R. L. Welcomme, разработали другое определение МЭИ, заменяя минерализацию удельной электропроводностью озер и водохранилищ [12].

МЭИ почти сразу нашел широкое применение в исследованиях многих ученых лимнологов разных стран [8-9].

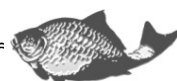
ВЫДЕЛЕНИЕ НЕРЕШЕННЫХ РАНЕЕ ЧАСТЕЙ ПРОБЛЕМЫ. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

В настоящее время нелегальное, нерегистрируемое и нерегулируемое рыболовство — очень широко распространенная проблема в стране, которая негативно влияет на рыбную отрасль в целом.

К примеру, в озере Сон-Куль, втором по значимости рыбохозяйственном водоёме в стране, было выловлено в 1978 г. 108,2 т (3,96 кг/га) пеляди и сивого, впоследствии производство которых возросло до 140 т в 1980 г. и 330 т/га (5–12 кг/га) в 1990 г. Но такие показатели не оказались устойчивыми, и в настоящее время упали до 2,2 т/год с разрешением на вылов исключительно производителей рыб для воспроизводства [13].

Общей целью наших исследований является предоставление рекомендаций в качестве инструментов управления для гарантирования устойчивого использования рыбных ресурсов в основных озерах и водохранилищах Кыргызской Республики. Данная цель достигается путем развития эмпирической модели прогнозирования улова рыбы, основываясь на легко измеряемых прогнозируемых параметрах. Ряд внутренних озер и водохранилищ Кыргызской Республики был использован в качестве репрезентативной выборки.

Данная проблема в республике исследована в рамках проекта ФАО ООН «Устойчивое развитие аквакультуры и рыболовства», GCP/KYR/012/FIN, финансируемого правительством Финляндии с целью оказать содействие устойчивому развитию внутреннего рыболовства в Кыргызской Республике.



МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на озере Сон-Куль, Токтогульском водохранилище и в четырех небольших ирригационных водоемах Чуйской области — Токтош, Жекен, Спартак и Чумышском водохранилище, которые используются для рыболовства. Выборка включала сбор следующих параметров: температура воды, кислотно-щелочной баланс воды (рН), электропроводность, содержание растворенного кислорода, минерализация, общая щелочность, нитраты, хлорофилл «а».

Пробы воды на анализ отбирались один раз в каждом сезоне (зима, весна, лето, осень) в течение 2014–2015 гг. Отбор проб проводился в поверхностном слое воды на глубине 0,5 м в стерильные химические стеклянные бутылки объемом 250 мл.

Измерение содержания хлорофилла «а» осуществлялось спектрофотометрическим методом в лабораторных условиях по методу, описанному Х. П. Стирлингом [14]. Общая щелочность определялась титрованием раствора тетраборнокислого натрия (обратное титрование), содержание нитратов — фотометрическим методом с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редуторе [15].

Измерение быстро изменяющихся параметров, таких как концентрация растворенного кислорода (O_2), кислотно-щелочной баланс (рН), температура воды, электропроводность, минерализация осуществлялись полевым оборудованием — «ОАКТОН» DO 110, «ОАКТОН» РН 11, «Orion Star» А 322. Все измерения проводились непосредственно в водных участках. Морфо-эдафические индексы, основывающиеся на электропроводности (МЭИэ) и щелочности (МЭИщ), определяли следующим образом:

$MEI\acute{e} = \text{Электропроводность (мксм/см)} / \text{Средняя глубина (м)}$;

$MEI\grave{c} = \text{Щелочность (мг/л)} / \text{Средняя глубина (м)}$.

Взаимосвязь различных параметров определялась с помощью методов линейной регрессии с соответствующей трансформацией данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В данной статье представлены исследования, проводимые в пяти водохранилищах и озере Сон-Куль, которые охватывали все четыре сезона и были разнообразными с точки зрения географических местоположений и морфологических характеристик. Приводятся усреднённые значения параметров по каждому сезону, представляющие собой надежные данные, указанные с учетом стандартной ошибки.

Морфометрические характеристики и показатели вылова рыб за период 2009–2014 гг. в исследуемых водных объектах приведены в табл. 1.

Физико-химические и биологические параметры изученных водоёмов приведены в таб. 2.



Таблица 1. Морфометрические характеристики и показатели вылова рыб водохранилищ и озера Сон-Куль Кыргызской Республики

Table 1. Morphometric characteristics and indicators of fish catch in of reservoirs and Lake Son-Kul of the Kyrgyz Republic

Водоём/ Water bodies	Площадь (га) / Area (ha)	Средняя глубина (м) / Average depth (m)	Вылов рыбы* (т/год) / Fish catch (t / year)	Вылов рыбы (кг/га/год) / Fish catch (kg/ha/year)
Водохранилище Спартак / Reservoir Spartak	590	5	10,27	17,4
Чумышское водохранилище / Reservoir Chumyshskoe	56	1,5	3,2	57,8
Водохранилище Токтош / Reservoir Toktosh	15	2	2,7	181,1
Водохранилище Жекен / Reservoir Zheken	30	1,5	5,2	158,6
Токтогульское водохранилище / Reservoir Toktogul'skoe	26,500	69	18,1	0,7
Озеро Сон-Куль / Lake Son-Kul'	2,700	14	50,5	18,

Примечание*. Средний показатель вылов рыбы в водоёмах за пять лет — 2009-2014 гг. (Данные из статистических отчетов Департамента пастбищ, животноводства и рыбного хозяйства при МСХППИМ КР).

Notes*. The average catch of fish in water bodies over the five years 2009-2014. (Data from statistical reports of the Department of Pastures, Livestock and Fisheries under the Ministry of Agriculture and Food of the Kyrgyz Republic)

Таблица 2. Физико-химические и биологические параметры водохранилищ и озера Сон-Куль Кыргызской Республики*

Table 2. Physico-chemical and biological parameters of reservoirs and Lake Son-Kul of the Kyrgyz Republic *

Водоём/ Water bodies	Т °С / T °C	pH /pH	Электропроводность (µS/cm) / Electrical conductivity (µS/cm)	Растворенный кислород (мг/л) / Dissolved oxygen (mg/l)	Общая минерализация (ppm) / Total Dissolved Salts (ppm)	Общая щелочность, (мг/л) / Total base number (mg/l)	Нитраты (мг/л) / Nitrates (mg/l)	Хлорофилла (мг/м³) / Chlorophylla (mg/m³)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Водохран. Спартак / Reservoir Spartak	14,3	7,1	749,4	14,1	367,8	171,7	0,859	16,8



**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ВЫЛОВА РЫБЫ
В ОЗЕРАХ И ВОДОХРАНИЛИЩАХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

*Продолжение табл. 2
continue of tab. 2*

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чумышское водохрани. / Reservoir Chumyshskoe	14,5	7,8	426,9	15,0	209,5	109,0	1,822	12,2
Водоохранилище Токтош / Reservoir Toktosh	13,0	7,0	798,8	15,0	390,5	181,7	2,108	14,8
Водоохранилище Жекен / Reservoir Zheken	10,5	7,6	649,9	14,1	318,9	163,0	0,928	5,2
Токтогульское водохранилище / Reservoir Toktogul'skoe	15,1	8,2	400,2	11,7	196,5	98,1	0,783	2,2
Озеро Сон-Куль / Lake Son-Kul'	9,6	7,8	525,8	11,4	239,0	139,9	0,004	1,5

Примечание. *Указана стандартная ошибка.
Notes. *Указана стандартная ошибка.

Оценочные значения MEIэ и MEIщ в шести изученных водных объектах приведены в таблице 3.

Таблица 3. Морфо-эдафический индекс на основе электропроводности (MEIэ) и щелочности (MEIщ) водохранилищ и озера Сон-Куль Кыргызской Республики

Table 3. Morpho-edaphic index, which basis on the electrical conductivity (MEIe) and alkalinity (MEIa) in the reservoirs and Lake Son-Kul of the Kyrghyz Republic

Водоемы / Water bodies	MEIэ / MEIe	MEIщ / MEIa
Водоохранилище Спартак / Reservoir Spartak	149,9	34,3
Чумышское водохранилище / Reservoir Chumyshskoe	284,6	72,7
Водоохранилище Токтош / Reservoir Toktosh	399,4	90,8
Водоохранилище Жекен / Reservoir Zheken	433,3	108,7
Токтогульское водохранилище / Reservoir Toktogul'skoe	5,8	1,4
Озеро Сон-Куль / Lake Son-Kul'	37,6	10,0

На рисинку 1 показаны результаты регрессионного анализа взаимосвязи MЭИэ и щелочности (MЭИщ) с содержанием хлорофилла «а» и улова рыбы в шести исследуемых водоемах. Обе формы MЭИ имели положительно значимые взаимосвязи ln-ln с содержанием хлорофилла «а». Сильную положительную связь ln-ln с обеими формами морфо-эдафического индекса имеет улов рыбы.



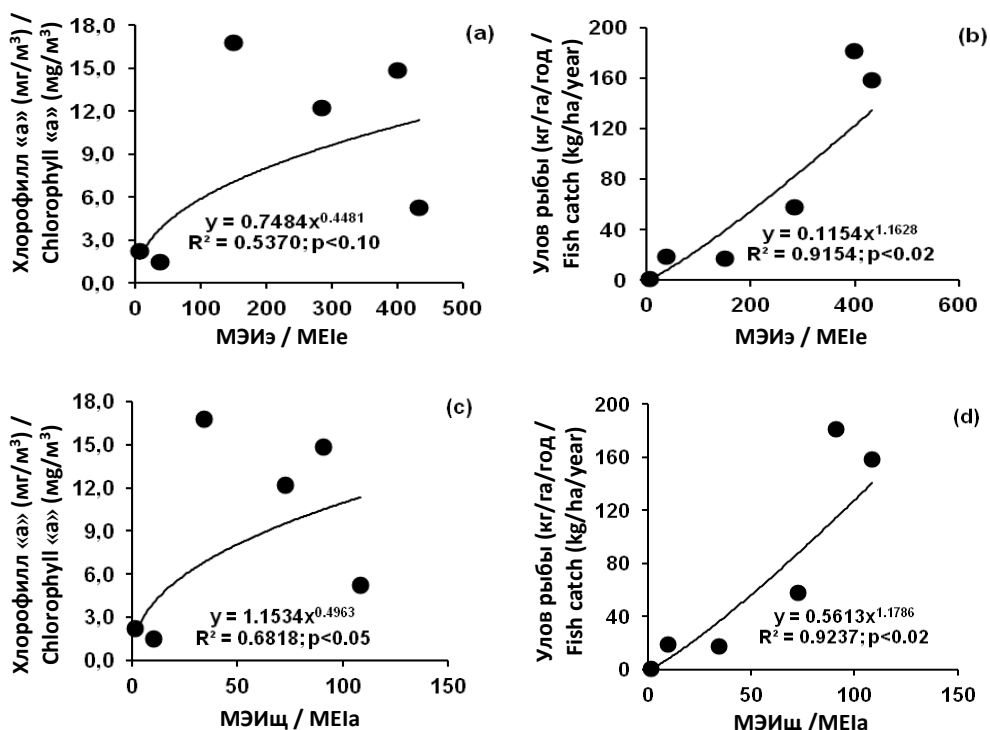
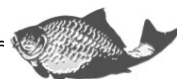


Рис. 1. Взаимосвязь между независимыми и зависимыми переменными водной среды водохранилищ и озера Сон-Куль Кыргызской Республики

Fig. 1. Interrelation between independent and dependent variables of the water environment of reservoirs and Lake Son-Kul of the Kyrgyz Republic

График показывает, что содержание хлорофилла «а» рассматривается как показатель биомассы фитопланктона. Поскольку хлорофилл «а» имеет положительную связь с МЭИэ и МЭИщ, обе формы МЭИ могут рассматриваться как показатели биологической продуктивности [16]. Для модели хлорофилл «а» и МЭИэ коэффициент детерминации составляет 53,70%, что является недостаточным для применения в описании. Также можно отметить, что р-значение равно 10%, при уровне значимости 5%, то есть нулевая гипотеза о наличии корреляции между факторами отвергается. Слабая описательная возможность модели может объясняться также недостаточным количеством наблюдений. При этом, модель хлорофилл «а» – МЭИщ, имеет более высокий коэффициент детерминации, чем предыдущая модель — 68,18%, что позволяет применять ее для описания. Положительным фактором также является то, что р-значение равно 5%, в таком случае мы принимаем нулевую гипотезу о наличии взаимосвязи между переменными. На основе регрессионного анализа обнаружена положительная взаимосвязь МЭИэ и МЭИщ с уловом рыбы (b и d), следовательно, с возрастанием двух МЭИ увеличиваются уловы рыбы в водоемах. Коэффициент детерминации для модели b и d имеет значения 0,91 и 0,92, что свидетельствует о сильной взаимосвязи переменных, то есть будем считать, что вероятность в построении модели составляет 91 и 92%



соответственно. Также важно то, что р-значение является приемлемым на 5%-ном уровне значимости. Регрессионные взаимосвязи между переменными и уровни их значимости приведены в таблице 4.

Таблица 4. Взаимосвязь между переменными и МЭИ
Table 4. Interrelation between variables and MEI

Взаимосвязь / Interdependence	R ²	p	№ графика / Schedule No.
Хлорофилл «а» = 0.7484 МЭИэ ^{0.4481} / Chlorophyll-a = 0.7484 MEIe ^{0.4481}	0,5370	<0,10	a
Хлорофилл «а» = 1.1534 МЭИщ ^{0.4963} / Chlorophyll-a = 1.1534 MEIa ^{0.4963}	0,6818	<0,05	c
Улов рыбы = 0.1154 МЭИэ ^{1.1628} / Fish catch = 0.1154 MEIe ^{1.1628}	0,9154	<0,02	b
Улов рыбы = 0.5613 МЭИщ ^{1.1786} / Fish catch = 0.5613 MEIa ^{1.1786}	0,9237	<0,02	d

Примечание: *R2 — коэффициент детерминации, p — значение вероятности.

Notes: *R2 — coefficient of determination, p — probability value.

Таким образом, положительные ln-ln отношения обеих форм МЭИ могут рассматриваться как наиболее приемлемые модели прогнозирования продуктивности для озер и водохранилищ в Кыргызской Республике и в географических регионах, где преобладают подобные условия окружающей среды.

Модель прогнозирования улова рыбы в шести водоемах Кыргызской Республики на основе уравнения регрессии имеет следующий вид:

$$Y = 0,1154xMЭИэ^{1.1628},$$

$$Y = 0,5613xMЭИщ^{1.1786},$$

где: Y — улов рыбы, кг/га/год;

МЭИэ — морфо-эдафический коэффициент электропроводности;

МЭИщ — морфо-эдафический коэффициент щелочности.

Это первое исследование по разработке эмпирической модели прогнозирования улова рыбы для озер и водохранилищ в Центрально-азиатском регионе. Предложенная модель прогноза улова, разработанная на основе МЭИ, имеет неопределимую практическую полезность для понимания рыбохозяйственного потенциала озер и водохранилищ в регионе.

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

Таким образом, в отсутствие каких-либо научных подходов по управлению рыболовством в озерах и водохранилищах, предложенная модель может использоваться для количественной оценки первых приближений промыслового потенциала в подобных водоемах.



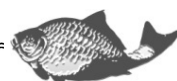
Данная модель, разработанная на основе физико-химических и биологических данных пяти водоемов, предлагается для прогноза улова рыбы, где необходимо знать количество рыбной продукции, которую можно отловить, не принося вред её запасам.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность Представительству Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединённых Наций в Кыргызской Республике и Министерству иностранных дел Правительства Финляндии за поддержку данной научной работы, а также профессору Упали Амарасингхе из университета Келания (Шри-Ланка) за содействие в анализе данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шикломанов И. А. Глобальные водные ресурсы // Природа и ресурсы. Париж : ЮНЕСКО, 1990. Вып. 26. С. 34—43.
2. Никитин А. А. Акклиматизация и искусственное воспроизводство сиговых рыб в водоемах Киргизии. Фрунзе, 1976. 121 с.
3. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч. 1. Ленинград : Академия наук, 1948.
4. Гончаров А. И. Рыбохозяйственное освоение водоемов Киргизии. Фрунзе, 1964. С. 93.
5. Условия ихтиофауны рыбной отрасли и управления в озере Иссык-Куль / Конурбаев А. О. и др. Бишкек, 2005. С. 24.
6. Hadrian P. Chemical and Biological Methods of Water Analysis for Aquaculture. Stirling : Institute of Aquaculture University of Stirling, 1985. P. 119.
7. Руководство по химическому анализу поверхностных вод. Ленинград : Гидрометеоздат, 1977. 541 с.
8. Ryder R. A. A method for estimating the potential fish production of north-temperate lakes // Transactions of American Fisheries Society. 1965. Vol. 94. P. 214—218.
9. Henderson H. F., Welcomme R. L. The Relationship of Yield to Morpho edaphic Index and Numbers of Fishermen in African Inland Waters. CIFA Occasional, 1974. Paper 1. 19 p.
10. Oglesby R. T. Relationship of fish yield to lake phytoplankton standing crop, production and morphoedaphic factors // Journal of Fisheries Research Board of Canada. 1977. Vol. 34. P. 2271—2279.
11. Moreau J., De Silva S. S. Predictive Fish Yield Models for Lakes and Reservoirs of the Philippines, Sri Lanka and Thailand : FAO Fisheries Technical. Paper 319. Rome : FAO, 1991. 42 p.
12. Nissanka C., Amarasinghe, U. S. De Silva S. S. Yield Predictive Models for the Sri Lankan Reservoir Fishery // Fisheries Management and Ecology. 2000. Vol. 7. P. 425—436.
13. Amarasinghe U. S., De Silva S. S., Nissanka C. Evaluation of the robustness of predictive yield models based on catchment characteristics using GIS for reservoir fisheries in Sri Lanka // Fisheries Management and Ecology. 2002. Vol. 9. P. 293—302.



14. Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озёр разных природных зон. Москва : Академия наук СССР, Зоологический институт, 1984. 739 с.
15. Wetzel R. G. *Limnology* : 3rd edition. London : Academic Press, 2001.
16. Годовые отчеты Департамента пастбищ, животноводства и рыбного хозяйства при МСХППиМ КР за 2009–2014 годы.

REFERENCES

1. Shiklomanov, I. A. (1990). Global water resources. *Nature and resources*, 26, 34-43.
2. Nikitin, A. A. (1976). *Acclimatization and artificial reproduction of whitefishes in the reservoirs of Kyrgyzstan*. Frunze.
3. Berg, L. S. (1948). *Freshwater fish of the USSR and neighboring countries*. Vol. 1. Leningrad, Publishing House of the Academy of Sciences.
4. Goncharov, A. I. (1964). *Fisheries development of reservoirs of Kirghizia*. Frunze.
5. Konurbayev, A. O., Kustareva, L. A., Alpiev, M. N., Kabataev, D. T., & Konurbava, E. S. (2005). *Conditions of ichthyofauna of the fish industry and management in the Issyk-Kul lake*. Bishkek.
6. Hadrian, P. (1985). *Chemical and Biological Methods of Water Analysis for Aquaculture*. Stirling : Institute of Aquaculture University of Stirling.
7. *Guidelines for the chemical analysis of surface waters*. (1977). Leningrad: Gidrometeoizdat.
8. Ryder, R. A. (1965). A method for estimating the potential fish production of north-temperate lakes. *Transactions of American Fisheries Society*, 94, 214-218.
9. Henderson, H. F., & Welcomme, R. L. (1974). The Relationship of Yield to Morpho edaphic Index and Numbers of Fishermen in African Inland Waters. *CIFA Occasional*, 1.
10. Oglesby, R. T. (1977). Relationship of fish yield to lake phytoplankton standing crop, production and morphoedaphic factors. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 34, 2271-2279.
11. Moreau, J., & De Silva, S. S. (1991). Predictive Fish Yield Models for Lakes and Reservoirs of the Philippines, Sri Lanka and Thailand. *FAO Fisheries Technical*, 319.
12. Nissanka, C., Amarasinghe, U. S., & De Silva, S. S. (2000). Yield Predictive Models for the Sri Lankan Reservoir Fishery. *Fisheries Management and Ecology*, 7, 425-436.
13. Amarasinghe, U. S., De Silva S.S., & Nissanka C. (2002). Evaluation of the robustness of predictive yield models based on catchment characteristics using GIS for reservoir fisheries in Sri Lanka. *Fisheries Management and Ecology*, 9, 293-302.
14. Kitaev, S. P. (1984). *Ecological bases of bioproductivity of lakes of different natural zones*. Moscow: USSR Academy of Sciences, Zoological Institute.
15. Wetzel, R. G. (2001). *Limnology*. 3rd edn. London: Academic Press.
16. *Annual Reports of the Department of Pastures, Livestock and Fisheries under the Ministry of Agriculture and Food of the Kyrgyz Republic for 2009-2014*.



ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ВИЛОВУ РИБИ В ОЗЕРАХ І ВОДОСХОВИЩАХ КИРГИЗЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ

М. Сарієва, Mairam.Sarieva@fao.org, Продовольча та сільськогосподарська Організація Об'єднаних Націй (ФАО ООН), Проект GCP / KYR / 012 / FIN, м. Бішкек, Киргизька Республіка,

М. Аліяскарів, chotkaraev@mail.ru, Департамент пасовищ, тваринництва та рибного господарства при Міністерстві сільського господарства, харчової промисловості й меліорації, м. Бішкек, Киргизька Республіка

Б. Дженбаєв, kg.bek.bm@bk.ru, Національна Академія наук Киргизької Республіки, м. Бішкек, Киргизька Республіка

А. Сергек уулу, mr.sergekuulu@mail.ru, Національна Академія наук Киргизької Республіки, м. Бішкек, Киргизька Республіка

Мета. Розробити емпіричну модель прогнозування вилову риби в озерах і водосховищах Киргизької Республіки на основі легко вимірюваних фізико-хімічних і біологічних параметрів для ефективного управління та сталого використання рибних ресурсів.

Методика. Проби води для наступного аналізу відбирали один раз в кожному сезоні (зима, весна, літо, осінь) впродовж 2014–2015 рр. Вибірка включала наступні параметри водного середовища: температура та кислотно-лужний баланс (рН), електропровідність, вміст розчиненого кисню, мінералізація, загальна лужність, нітрати, хлорофіл «а».

Відбір проб здійснювали в поверхневому шарі води на глибині 0,5 м в стерильні хімічні бутлі об'ємом 250 мл.

Вміст хлорофілу «а» визначали спектрофотометричним методом в лабораторних умовах за методом, описаним Х. П. Стірлінгом. Загальну лужність — за допомогою титрування розчину тетраборнокислого натрію (зворотне титрування), нітрати — фотометричним методом з реактивом Грісса після відновлення в кадмієвому редукторі.

Вимірювання параметрів, які швидко змінюються, зокрема — концентрації розчиненого кисню (O₂), кислотно-лужного балансу (рН), температури води, електропровідності, мінералізації здійснювали апаратурою, розрахованою на роботу в польових умовах — «ОАКТОН» DO 110, «ОАКТОН» PH 11, «Orion Star» A 322.

Результати. Згідно з аналізом отриманих даних, низка індексів, такі як морфо-едафічний індекс (MEI), первинна продуктивність та біомаса фітопланктону, є суттєвими показниками для прогнозування можливих обсягів улову об'єктів промислу з озер і водосховищ помірних й тропічних широт. При проведенні досліджень було виявлено, що зі збільшенням MEI зростає вилов риби на одиницю площі. За результатами проведеного нами аналізу була розроблена модель прогнозування вилову риби в шести водоймах Киргизької Республіки, яка має наступний вигляд:

$$Y = 0,1154 \times MEI_e^{1.1628},$$

$$Y = 0,5613 \times MEI_{щ}^{1.1786},$$

де Y – улов риби, кг / га / рік;

MEI_e – морфо-едафічний коефіцієнт електропровідності;

MEI_щ – морфо-едафічний коефіцієнт лужності.

Наукова новизна. Це перше дослідження, спрямоване на розробку емпіричної моделі прогнозування вилову риби з озер і водосховищ в Центрально-Азійському регіоні. Запропонована модель, розроблена на основі MEI із застосуванням статистичного методу аналізу, надає істотну практичну допомогу під час планування рибогосподарського потенціалу озер та водосховищ в регіонах з подібними умовами навколишнього середовища.

Практична значимість. Запропонована емпірична модель на основі MEI може бути використана для управління рибними запасами в прісноводних водоймах помірних і тропічних широт.

Ключові слова: лімнологічні параметри, морфо-едафічний індекс, емпірична модель прогнозування вилову риби.

