ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ ПАСТИЩНОГО РЫБОВОДСТВА В РАЗНОТИПНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЁМАХ

В.И. Мальцев

ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского — природный заповедник РАН»,
РФ, Республика Крым, г. Феодосия, пгт. Курортное, ул. Науки, 24
E-mail: maltsev1356@gmail.com

Предлагается способ оценки продукции фитомассы водной растительности и других биоресурсов, продукция которых зависит от степени развития последней, через визуально оцениваемые характеристики водоёма, а именно его тип, стадию сукцессии (раннеозёрная, собственно озёрная, позднеозёрная, эвтрофноболотная) и степень зарастания. Полученные таким способом оценки продукции с помощью представленных таблиц также позволяют легко рассчитать потенциальную продуктивность рыб-биомелиораторов.

Ключевые слова: искусственные водоёмы, эвтрофноозёрное состояние, эвтрофноболотное состояние, продукция высшей водной растительности, естественная рыбопродуктивность.

Введение. Комплексное освоение водных ресурсов в СССР и на постсоветском пространстве привело к созданию огромного количества малых искусственных водоемов, общая площадь которых на юге европейской части России и в Украине оценивается в десятки тысяч гектаров. Многие из них используются для производства столовой рыбы путем преимущественно пастбищного рыбоводства. Это делает актуальным изучение биоресурсов водоемов, закономерностей их формирования и разработку доступных, даже неспециалистам, методов их оценки.

Цель данной работы — разработать способ оценки продукции фитомассы водной растительности и других биоресурсов, продукция которых зависит от степени развития последней.

Материалы и методы. Материалами для работы послужили данные исследований автора, касающихся изучения зарастания малых и крупных искусственных водоёмов [1–7], а также ряд работ других авторов [8–11]. Фитопродукция выражается через визуально оцениваемую величину — **степень зарастания водоёма** (отношение заросшей площади к площади всей акватории) воздушно-водной и погруженной растительностью с учетом его экологического типа. Метод состоит в обобщении приведённой в указанных работах информации: данные по биомассе и продуктивности воздушно-водной и погру-

женной растительности обобщались, и на их основе выводились ориентировочные значения этих величин в зарослях с высокой степенью сомкнутости.

Общие закономерности зарастания малых искусственных водоемов. Роли высшей водной растительности в различных пресноводных водоемах и особенностям их зарастания посвящено значительное количество работ. В основном они освещают закономерности пространственного распределения макрофитов [12, 13]. Главными положениями их являются следующие:

1. Высшие (цветковые) водные растения в водоеме достаточно быстро занимают все пригодные для их обитания акватории (с глубинами до 2, редко 3 м), чрезвычайно изменяя его гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы.

2. В сформированном состоянии заросли имеют поясное строение; глубины 0 — 0,5 м заняты, как правило, жесткой (рогоз узколистый *Typha angustifolia* L., рогоз широколистный *T. latifolia* L., тростник обыкновенный *Phragmites australis* (Cav.) Trin.ex Steud) или мягкой (манник большой *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., ежеголовник прямой *Sparganium erectum* L. и др.) воздушно-водной (полупогруженной) растительностью, а глубины 0,5 — 2 м занимает погруженная (рдесты пронзеннолистный *Potamogeton perfoliatus* L.,

блестящий *P. lucens* L., курчавый *P. crispus* L., гребенчатый *P. pectinatus* L.; уруть колосистая *Myriophyllum spicatum* L., роголистник темно-зеленый *Ceratophyllum demersum* L., телорез алоэвидный *Stratiotes aloides* L.). Между этими поясами может располагаться пояс растительности с плавающими листьями (кувшинка белая *Nymphaea alba* L., кубышка желтая *Nuphar lutea* (L.) Smith, рдест плавающий *P. natans* L.), при этом его участие в зарастании большинства пресноводных водоемов невелико.

3. При умеренном зарастании высшая водная растительность является положительным фактором в водоеме, участвуя в процессах самоочищения и будучи биофильтром на пути поверхностного стока. При чрезмерном зарастании на первый план выходит эффект вторичного загрязнения растворенным и взвешенным органическим веществом автохтонного происхождения. Производятся большие массы труднораспадающегося органического вещества, водные растения ускоряют занесение ложа водоема, добавляя к илам еще и расти-

тельный опад, что значительно ухудшает гидрохимический режим.

Формирование ценозов высшей водной растительности, то есть зарастание, для описываемых водоемов – процесс достаточно детерминированный, так как определяется двумя такими квазистационарными характеристиками, как морфология ложа водоема и гидрологический режим. Основные ценозообразователи занимают благоприятные местообитания, так как, согласно представлений Л.Г. Раменского [14], являются виолентами (обладают «силовой» жизненной стратегией). Реализация их жизненного потенциала близка к максимальной. Это, в частности, означает, что удельная продукция фитocenоза (пятна) является величиной достаточно постоянной и определяется видом ценозообразователя (доминанта).

Ориентировочные величины фитомассы в основных формациях высшей водной растительности, полученные в результате анализа литературного материала и собственных данных, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Фитомасса в основных формациях высшей водной растительности, т/га

Формации	Сырая масса	Воздушно-сухая масса
Тростника обыкновенного <i>Phragmites australis</i>	30	10
Рогозов <i>Typheta angustifoliae</i> , <i>Typheta latifoliae</i>	45	8
Камыша <i>Scirpeta lacustris</i> , <i>Scirpeta tabernemontanii</i>	35	6
Манника большого <i>Glycerieta aquatica</i>	35	7
Ежеголовника прямого <i>Sparganieta erecti</i>	45	4
Цицании широколистной <i>Zizanieta latifoliae</i>	50	10
Осоки острой <i>Cariceta acutae</i>	25	7
Погруженных широколистных рдестов <i>Potamogetoneta perfoliati</i> , <i>Potamogetoneta lucentis</i> , <i>Potamogetoneta pectinati</i>	15	2,5
Урути <i>Myriophylleta spicati</i> , <i>Myriophylleta verticillati</i>	15	2
Элодеи канадской <i>Elodeta canadensis</i>	20	3
Роголистника темнозеленого <i>Ceratophylleta demersi</i>	40	4
Телореза алоэвидного <i>Stratioteta aloidis</i>	50	6
Хвоща приречного <i>Equiseta fluviatilis</i>	35	7

Особенности зарастания водоема определяются морфологическим строением его чаши. При равномерном понижении дна по всему периметру (копаные пруды атмосферного и грунтового наполнения) формируется,

так называемый, «озёрный» тип зарастания (рис. 1а). Если же водоем создается на водотоке, где после строительства плотины заливается часть поймы, в условиях подпора формируется «водохранилищный» тип зарастания (рис. 1б).

Оценка продукционных возможностей искусственных водоёмов. Согласно сложившимся представлениям, стоячие пресные водоемы могут существовать в двух состояниях – озерном и болотном. Изучение искусственных водоемов различного назначения (рыбоводные, рекреационные, питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения)

позволило нам выделить более дробные стадии сукцессии пресноводного водоема (в ряду "от озера к лугу").

Озерное состояние можно разделить на раннеозерную, собственно озерную и позднеозерную стадии, а болотное – на эвтрофноболотную и дистрофноболотную.

Рис. 1. Искусственные водоёмы озёрного (а) и водохранилищного (б) типа
1 – пояс полупогружённой (воздушно-водной) растительности,
2 – пояс погружённой растительности

Раннеозерная стадия – стадия крайней "молодости" водоема (или "большой лужи"). В это время растительность практически не влияет на гидрохимический и гидробиологический режим водоемов. Внешние проявления: зарастание слабое (степень зарастания до 25%), заросли раздельно-куртинного строения ("пятнистое" зарастание), обычно разреженные. Погруженная растительность развита слабо. В летние месяцы могут в массе развиваться нитчатые водоросли. Водоемы, находящиеся на раннеозерной стадии своего существования, как правило, наиболее подходящие для рыбохозяйственного освоения. Вследствие малой зарастаемости режим таких водоемов легко поддается регулированию по важнейшим для рыбоводства параметрам: продукции фито- и зоопланктона. Здесь могут в массе развиваться зеленые водоросли и ветвистоусые ракообразные (дафнии). Зоопланктон характеризуется доминированием в летнее время крупных (1–2 мм) рачков – *Daphnia magna* Straus, *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg) и других, а бентос – мотыля обыкновенного *Chironomus plumosus* (L.). Для целей рыбоводства раннеозерные водоемы, как правило, не нуждаются в проведении

мелиоративных мероприятий. Их общая потенциальная естественная рыбопродуктивность по карпу *Cyprinus carpio* L. и планктоноядным рыбам составляет 8 – 10 ц/га, кроме того, рыбопродуктивность по белому амуру достигает 0,4–0,8 ц/га.

Собственно озерная стадия сменяет раннеозерную, и показателем такой смены может быть смыкание ранее обособленных пятен водной растительности (формирование сомкнутых массивов зарослей). В этом случае водоем четко делится на две части – заросшую прибрежную (литоральную) и свободную от растительности центральную (профундальную). Гидробиологический режим литорали детерминирован растительностью, тогда как на режим профундальной части она влияет слабо. Заросли сомкнуто-куртинного строения, обычно образуют пояса зарастания: у берегов образуется пояс воздушно-водной растительности (рогоз, тростник), на глубине 0,5–1 м сменяющийся поясом погруженной растительности (рдесты, уруть). Степень зарастания обычно не превышает 50%. Водоемы, находящиеся на собственно озерной стадии, достаточно пригодны для ведения рыбного хозяйства, однако, требуют проведения мелиора-

тивных мероприятий, направленных на сдерживание развития растительности (вселение белого амура (*Stenopharyngodon idella* Valenciennes)). При значительной степени зарастания, особенно погруженной растительностью, применение минеральных удобрений с целью повышения продукции фитопланктона, как это принято в обычной практике прудового рыбоводства, не эффективно. Общая потенциальная естественная рыбопродуктивность в поликультуре по карпу и планктоноядным рыбам достигает 4–7 ц/га. Кроме того, 1 га таких водоемов может обеспечить нагул 1,6–3,2 ц белого амура (табл. 2).

Позднеозерная стадия характеризуется мощным зарастанием (степень зарастания 50–100%), развитием по плесу пятен погруженных рдестов, элодеи канадской *Elodea canadensis* Michx., урути (появляется также роголистник). Гидробиологический режим крайне зависим от режима зарастания, стабилизирован, практически не поддается регулированию традиционными способами, как, например, внесение минеральных удобрений. В случае внедрения интенсивного рыбоводства такие водоемы требуют проведения мелиоративных мероприятий, направленных на резкое сокращение заросших площадей (посадка белого амура, углубление ложа, выкашивание растительности и т.д.). Общая потенциальная естественная рыбопродуктивность по карпу и планктоноядным рыбам составляет 3–4 ц/га, белого амура может быть получено 2,4–3 ц/га (табл. 2).

Эвтрофноболотная стадия. Дальнейшая эволюция экосистем водоемов ведет к резкому увеличению степени зарастания (до 100%), накоплению на дне растительного опада. Погруженные рдесты сменяются группировками роголистника и (или) элодеи с телорезом или без него. Водоемы, находящиеся на эвтрофноболотной стадии развития, без глубокой мелиорации для целей рыбоводства непригодны, т.к. здесь формируется гидрохимический режим, затрудняющий нормальное обитание промысловых видов рыб. Общая потенциальная естественная рыбопродуктивность по карпу и планктоноядным рыбам составляет около

0,5 ц/га, тогда как растительность способна обеспечить продуктивность белого амура 6–20 ц/га. При высоких плотностях посадки необходим тщательный контроль за кислородным режимом и рН.

Дистрофноболотная стадия. В лесной зоне (на Полесье) возможна еще одна стадия – дистрофноболотная, характеризующаяся деградацией зарослей погруженной растительности вследствие значительного подкисдения воды (понижение рН до 5). Основу зарослей составляют осоки, иногда с примесью хвощей. Для рыбохозяйственного освоения такие водоемы требуют основательной технической мелиорации. В немелиорированном виде рыбохозяйственного значения не имеют.

Таким образом, способы рыбохозяйственного использования водоемов должны соответствовать их особенностям, зависящим от стадии сукцессии. Большинство искусственных водоемов либо уже вовлечены в рыбохозяйственное использование, либо могут быть введены в рыбохозяйственный оборот. Применение для борьбы с избыточным зарастанием белого амура в случае пастбищного рыбоводства позволяет получать, помимо мелиоративного эффекта, достаточно существенную прибавку столовой рыбы. Информация, необходимая для расчета, норм посадок на нагул этого вида рыб, содержится в табл. 2–4.

Заключение. Предложенный способ оценки рассчитан на пользователя, занимающегося вопросами охраны и эксплуатации малых водоемов и не имеющего специальной гидробиологической подготовки. Описанные экологические типы и состояния искусственных водоемов отражают стадии экологической сукцессии на пути «от озера к лугу». Водоемы, находящиеся на раннеозёрной стадии, наиболее благоприятны для прудового рыбоводства как по пастбищному, так и по интенсивному типу. Предлагаемый способ расчета продукции высшей водной растительности позволяет достаточно легко оценить перспективность водоема для рыбоводного использования по пастбищному типу и, в случае необходимости, выработать план мероприятий для его биомелиорации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности становления растительного покрова крупного равнинного водохранилища с большой долей мелководий (на примере Киевского водохранилища) / В.М. Клоков, В.И. Мальцев, Г.А. Карпова [и др.] // Влияние водохранилищ на водно-земельные ресурсы. Пермь, 1987. С. 98–100.
2. Мальцев В.И. Растительность водоемов зоны подтопления днепровских водохранилищ. Деп. в ВИНТИ, № 5651-85. 10 с.
3. Мальцев В.И., Зуб Л.Н. Водная растительность Каховского водохранилища. Деп. в ВИНТИ, № 2678-B87 (1987). 16 с.
4. Мальцев В.И., Зуб Л.Н. Растительный покров Каховского водохранилища в условиях сформировавшегося режима // Актуальные вопросы водной экологии: Материалы Всес. конф. молодых ученых. Киев, 22–24 ноября 1989 г. Киев: Б.и., 1990. С. 93–95.
5. Мальцев В.И., Зуб Л.Н. Типизация ландшафтно-ценотических комплексов мелководий Каховского водохранилища // Вестник экологии. 1996. № 1–2. С. 62–68.
6. Мальцев В.И., Карпова Г.А. Данные по структуре и динамике воздушно-водной растительности Киевского водохранилища // Вопросы гидробиологии водоемов Украины. Сб. науч. тр. Киев: Наукова думка, 1988. С. 23–28.
7. Maltsev V.I., Vijendra K. Boken, Holland M.M. Monitoring of Emergents and Plants with Floating Leaves within Deltas of Ukraine Reservoirs using Landsat Data // Международная научно-практ. конф. «Состояние, охрана, воспроизводство и устойчивое использование биологических ресурсов внутренних водоемов». Волгоград, 14–17 августа 2007 г. Волгоград, 2007. С. 213–217.
8. Горбик В.П. Фенологія та продуктивність *Typha angustifolia* L. Дніпровських водосховищ // Укр. бот. журн., 1988. Т. 45. № 6. С. 39–42.
9. Довбня И.В. Продукция высшей растительности волжских водохранилищ: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1981. 24 с.
10. Корелякова И. Л. Продукция высшей водной растительности Киевского водохранилища // Киевское водохранилище. Киев, 1972. С. 155–162.
11. Корелякова И. Л. Растительность Кременчугского водохранилища. Киев: Наукова думка, 1977. 200 с.
12. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения / Отв. ред. И.М. Распопов. Л.: Наука, 1981. 187 с.
13. Липин А.Н. Пресные воды и их жизнь. Изд. 3-е переработанное. М.: Учпедгиз, 1950. 348 с.
14. Раменский Л.Г. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Избранные работы. Л.: Наука, 1971. 334 с.

VISUAL ASSESSMENT OF PRODUCTIVITY OF HIGHER AQUATIC VEGETATION FOR THE REQUIREMENTS OF PASTURE FISH FARMING AT DIFFERENT TYPES OF MAN-MADE WATER BODIES

V.I. Maltsev

Federal State Budget Institution of Science “T.I. Vyasemsky Karadag Research Station – Nature Reserve of the RAS”, Russian Federation, Crimea, Feodosia, Kurortnoye Stlm, Nauki St., 24

Method of evaluation of phytomass production of aquatic vegetation as well as other bio-resources, production of which depends on the level of vegetation development by the visually assessed characteristics of a man-made water body, namely its type, stage of succession (primary-lake, actually-lake, ultimately-lake) and the level of overgrowing is suggested. Using of presented tables and obtained evaluations of plant production also allow us to calculate the potential productivity of bio-ameliorative fish species.

Key words: man-made water bodies, eutrophic-lake condition, eutrophic-swamp condition, production of higher aquatic vegetation, natural fish productivity.

Таблица 2. Характеристика состояний и стадий развития пресноводных водоемов Украины и юга Европейской части России

Состояние	Стадия, степень зарастания, %	Массовые виды высших водных растений	Характер зарастания	Средне-сезонная прозрачность	Массовые виды беспозвоночных	Естественная рыбопродуктивность, ц/га			
						белого амура	белого толстолобика ¹	пестрого толстолобика ²	карпа
Озерное	Ранне-озерная, до 25	Рогозы узколистый и широколистный, тростник обыкновенный, рдесты пронзеннолистный, блестящий	Раздельно-куртинное	35–55 см	<i>D.magma</i> , <i>Diaptomus graciloides</i> Lilljeborg, мотыль обыкновенный	0,4–0,8	6–7	1–2	1–4
	Собственно озерная, до 50	Та же + уруть колосистая	Сомкнуто-куртинное	60–100 см	<i>D. longispina</i> O.F. Muller, <i>D. cucullata</i> G.O. Sars, различные виды циклопов, мотыль и разные виды хиромиид	1,6–3,2	3–6	1–2	0,5–3
	Поздне-озерная, 50–100	Те же	Сплошное поясное	80–150 см	<i>Sida crystallina</i> O.F.Muller, <i>Cricotopus silvestris</i> (Fabricius)	2,4–8,0	1–2	около 2	0,5–1
Болотное	Эвтрофно-болотная, 70–100	Рогозы, тростник, роголистник темнозеленый, элодея канадская, телорез алоэвидный	Сплошное	150 см	То же + личинки крупных двукрылых (слепней), бабочки и жуки (имаго и личинки)	6–20	Практически 0	до 0,5	до 0,5
	Дистрофно-болотная, 10–70	Осоки	Раздельно-куртинное	до дна	Личинки кровососущих комаров, крыски	Практически 0. Необходима глубокая техническая мелиорация с последующим известкованием			

¹*Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes)

²*Aristichthys nobilis* (Richardson)

Таблица 3. Ориентировочные значения продукции сырой фитомассы в условиях различных степеней зарастания воздушно-водной и погруженной растительностью водоемов Украины и юга Европейской части России, ц/га водоема

		Степень зарастания водоема воздушно-водной растительностью											
		0	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Степень зарастания водоема погруженной растительностью	0%	0	10	30	70	100	140	180	210	250	280	320	350
	5%	20	30	50	90	120	160	200	230	270	300	340	
	10%	40	50	70	110	140	180	220	250	290	320	360	
	20%	80	90	110	150	180	220	260	290	330	360		
	30%	120	130	150	190	240	260	300	330	370			
	40%	160	170	190	230	260	300	340	370				
	50%	200	210	230	270	300	340	380					
	60%	240	250	270	310	340	380						
	70%	280	290	310	350	380							
	80%	320	330	350	390								
	90%	360	370	390									
	100%	400											

ПРИМЕЧАНИЕ: Р/В - коэффициент воздушно-водных растений принят равным 1.1, погруженных – 2. Приведенные в таблице данные справедливы для водоемов, находящихся в озерном состоянии. Для оценки продукции сырой фитомассы эвтрофноболотного водоема необходимо приведенные в таблице значения умножить на 2.5. Вариант дистрофноболотного водоема не рассматривался.

Таблица 4. Ориентировочные значения рыбопродуктивности по белому амуру в зависимости от степени зарастания и стадии сукцессии водоема, ц/га

	0–20%	21–50%	51–70%		71–100%	
			озерные водоемы: зарастают по плесу погруженными рдестами	эвтрофноболотные водоемы: зарастают по плесу роголистником темно-зеленым	озерные водоемы: зарастают по плесу погруженными рдестами	эвтрофноболотные водоемы: зарастают по плесу роголистником темно-зеленым
Сырая фитомасса, ц/га	20	80	120	300	200	500
Продукция сырой ф/массы, ц/га	40	160	240	600	400	1000
“Сдерживающая” чрезмерное зарастание продукция белого амура, ц/га	0,4	1,6	2,4	6,0	4,0	10,0
“Уничтожающая” растительность продукция белого амура, ц/га	0,8	3,2	4,8	12,0	8,0	20,0

Кормовой коэффициент при нагуле белого амура на высшей водной растительности (без кормления) – 50.