

ВАСИЛЬЕВ П. В., ЧИСТОВ С. В.
КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИХТИОФАУНЫ ПРЕСНЫХ ОЗЕР

Аннотация. В статье рассмотрены методические приемы картографического моделирования пространственно-временных особенностей формирования рыбопродуктивности пресных озер Российской Федерации на основе многолетних сезонных учетов и дешифрирования космических снимков.

Ключевые слова: биопродуктивность, ихтиофауна, картографическое моделирование, Псковское озеро.

VASILEV P. V., CHISTOV S. V.
CARTOGRAPHIC MODELING OF SPATIO-TEMPORAL FEATURES
OF DISTRIBUTION OF ICHTHYOFAUNA IN FRESH LAKES

Abstract. The article considers the results of cartographic modeling of spatio-temporal features of fish productivity in Russian fresh lakes on the basis of long-term seasonal trawl surveys and interpretation of space images.

Keywords: bioproductivity, ichthyofauna, cartographic modeling, Lake Pskov.

Ихтиофауна характеризуется рядом особенностей, которые определяют ее специфику как объекта картографирования. Во-первых, недоступность или существенная ограниченность непосредственного визуального наблюдения, совместно с невозможностью полного охвата исследованием всего рыбного населения водоема, предъявляют особые требования к методам получения первичных ихтиологических данных. Для рыбохозяйственных водоемов это происходит, главным образом, с помощью уловов – промышленных или, чаще всего, научно-исследовательских и контрольных, в частности – траловых съемок. На их основе в последующем определяются и картографируются промыслово-биологические параметры ихтиофауны [1].

Во-вторых, высокая подвижность, в том числе склонность к миграциям (нерестовым, нагульным, зимовальным), многих видов рыб, ограничивает как пространственную, так и временную точность карт ихтиофауны. Это связано с тем, что получение первичных ихтиологических данных всегда занимает некоторое время, зависящее от площади обследуемой акватории, программы наблюдений (съемки) и прочих природных и

человеческих факторов, и может варьироваться от нескольких часов до нескольких дней и даже недель. Соответственно, чем дольше продолжается съемка, и чем мобильнее те или иные виды рыб в данное время года, тем более условный характер имеет составленная по материалам этой съемки карта.

В-третьих, сезонные, годовые и многолетние колебания численности, обусловленные влиянием различных абиотических, биотических и антропогенных факторов, определяют необходимость проведения длительных наблюдений с обязательным учетом этих факторов для создания достоверных и обоснованных карт динамики ихтиофауны.

Рассмотренные особенности ограничивают развитие картографирования ихтиофауны, как в научно-методических, так и в прикладных аспектах. Особенно это касается картографирования ихтиофауны пресных водоемов, которые характеризуются меньшим видовым разнообразием и биомассой (уловами) по сравнению с морскими экосистемами, и которым, в связи с этим, уделяется меньше внимания со стороны ученых.

Анализ литературных и картографических источников позволяет сделать вывод о наличии определенного опыта по картографированию ихтиофауны пресных водоемов, что нашло отражение в ряде публикаций, в том числе и в атласах [2–7]. Их обзор позволил выделить три основных направления, соответствующих фундаментальным разделам тематической картографии: зоогеографическое, рыбохозяйственное и зооэкологическое (см. рис. 1).



Рис. 1. Основные направления картографирования ихтиофауны пресных водоемов.

В рамках зоогеографического направления картографирования ихтиофауна рассматривается как один из элементов животного мира, который, в свою очередь, является

одним из компонентов природных геосистем [8]. По сравнению с зоогеографическим картографированием млекопитающих и птиц, рассматриваемое направление развито в гораздо меньшей степени. На зоогеографических картах ихтиофауны отображается распространение определенных систематических таксонов на уровне семейств, родов, видов, их групп и комплексов, а также биологические особенности видов рыб [9].

В рыбохозяйственном картографировании ихтиофауна, как картографируемый объект, рассматривается в своем промыслово-экономическом значении – в виде рыбных ресурсов [10]. Ввиду высокой значимости рыбного хозяйства, активно ведущегося, в том числе на пресных водоемах, для населения и экономики это направление картографирования ихтиофауны получило гораздо большее развитие по сравнению с зоогеографическим.

В рамках зооэкологического направления картографирования ихтиофауны пресных водоемов основное внимание уделяется отражению особенностей и закономерностей пространственно-временного распределения рыбного населения в озерах и водохранилищах в связи с условиями среды обитания и характером внутривидовых и межвидовых взаимосвязей внутри самого ихтиоценоза [11]. Из трех направлений картографирования зооэкологическое получило наименьшее развитие.

Псковским филиалом ВНИРО ежегодно, в среднем 2-3 раза в период с апреля по октябрь проводятся научно-исследовательские траловые съемки в акваториях Псковско-Чудской озерной системы [12]. Результаты траловых съемок включают сведения о географических координатах начальной и конечной точек траления; дате и времени его начала и окончания; температуре воды во время траления; вылове по отдельным видам рыб с указанием размеров экземпляров и масс пойманной рыбы в кг и др. Первичные промыслово-биологические параметры, характеризующие улов каждого трала, ограничены. Но, несмотря на это, наличие позиционной составляющей, представленной непосредственно координатами, делает ихтиологические данные, получаемые в ходе траловых (биоресурсных) съемок, наиболее подходящим источником для картографирования пространственно-временных особенностей распределения ихтиофауны пресных водоемов.

Помимо фиксации пространственно-временных особенностей распределения рыб по акваториям, существенная роль в зооэкологическом картографировании принадлежит картам, отражающим систему природных и антропогенных факторов, определяющих, в том числе, и условия обитания ихтиофауны. Настоящее исследование и посвящено результатам картографического моделирования пространственно-временных особенностей распределения преимущественно промысловых видов рыб на примере Псковско-Чудской

озерной системы. Методические особенности разработки серии карт опубликованы ранее [13], но в этой статье необходимо представить своеобразие технологий именно картографического моделирования на основе результатов траловых натурных работ.

На первых этапах исследования были проведены эксперименты по выбору метода картографического моделирования. В качестве тестовых источников опробованы данные по вылову плотвы в ходе траловой съемки, проводившейся на Псковском озере 25-26 октября 2008 г. Разными вариантами интерполяции, имеющимися в ГИС-пакете ArcGIS, было построено пять моделей пространственного распределения биопродуктивности плотвы в акватории озера (см. рис. 2) на основе методов обратно взвешенных расстояний (см. рис. 2, а); естественной окрестности (см. рис. 2, б); полиномиального тренда второй степени (см. рис. 2, в); полиномиального тренда третьей степени (см. рис. 2, г) и сплайнов с натяжением (см. рис. 2, д).

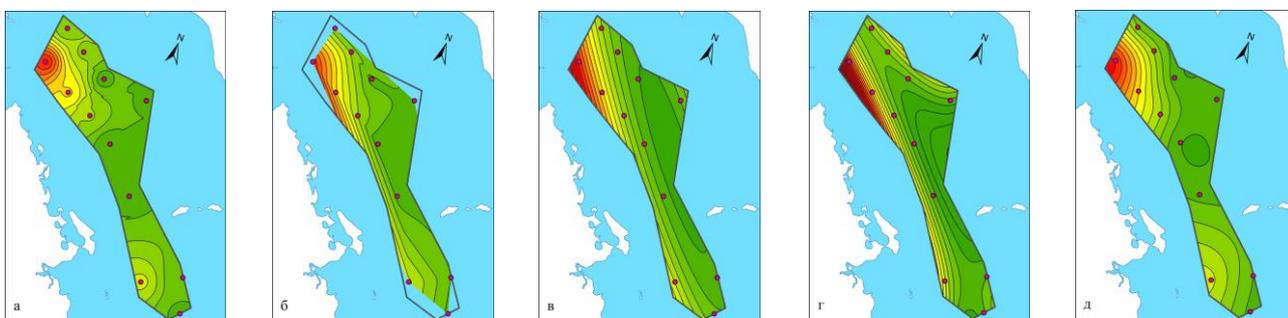


Рис. 2. Варианты интерполяции данных о биопродуктивности плотвы, полученных по материалам траловых работ в Псковском озере.

Несмотря на некоторые различия картографических результатов, на картах-моделях (см. рис. 2) относительно четко фиксируются участки акватории, где наблюдаются максимальные скопления рыб (ареалы красного цвета). Наиболее правдоподобным является результат моделирования, полученный с использованием метода сплайнов с натяжением (см. рис. 2, д). В этом случае строится модель со значениями исключительно в пределах исходного диапазона величин интерполируемого показателя, что позволяет избежать возможного получения не соответствующих действительности максимумов и минимумов в модели [14]. Поэтому именно этот метод был выбран в рамках настоящей работы в качестве метода интерполяции исходных данных траловых съемок. По таким же методам получены карты температур (рис. 3) и глубин акватории за все сезоны лет натурных траловых исследований.

Для создания зооэкологических карт параллельно этому проводилось дешифрирование космических снимков на предмет исследования возможностей их

существующими данными о термических и иных особенностях вод на период съемки (на конец мая 2002 г.).

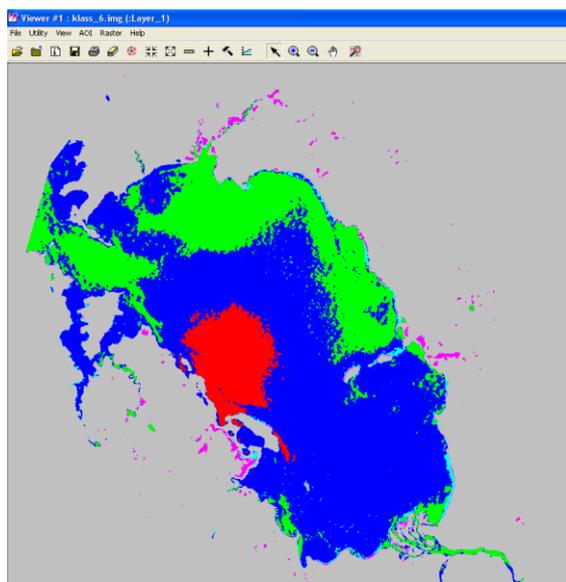


Рис. 4. Фрагмент снимка Landsat 7/ETM+ от 31.05.2002 на акваторию Псковского озера с тремя эталонными участками и прилегающую сушу.

В результате обработки снимка в пределах акватории Псковского озера отчетливо выделяются в виде отдельных ареалов три зоны, различающиеся составом вод. В северной части Псковского озера по космическому снимку особо выделен участок акватории вблизи устья р. Чёрной, имеющей небольшой по площади водосборный бассейн. На протяжении 15-17 км от устья река дренирует низинные болота в пределах плоских и слабовыпуклых заболоченных равнин, а еще выше по течению – верховые и переходные болота, местами покрытые влажными лесами равнин озерно-ледникового генезиса. Лишь истоки реки и ее притоков берут начало на Лужской возвышенности. Бассейн реки мало затронут антропогенными воздействиями, что сказалось и на особом качестве вод, поступающих в Псковское озеро.

Близкая к этому, подобная картина характерна практически для всего восточного побережья озера. Здесь расположены плоские и слабовыпуклые равнины, покрытые низинными болотами, простирающимися вдоль берега в виде относительно узкой (3-5 км) полосы. Это способствует тому, что в прибрежных водах также отмечается полоса, схожая по спектральным особенностям с приустьевыми зонами р. Чёрная. Сказанное может свидетельствовать о важной роли низинных болот в формировании качества вод Псковского озера. На юге, юго-востоке и юго-западе озера, у дельты р. Великой и практически по всей центральной части акватории сформирована основная масса воды с отличающимися спектральными особенностями (синий цвет на рис. 4). Большинство траловых учетов за анализируемый период проводилось именно в этой зоне озера. Южная часть озера находится

под влиянием стока р. Великая, в бассейне которой сосредоточено множество объектов промышленности, сельхозпредприятий, населенных пунктов, что создает своеобразную водную массу в приустьевой акватории. На майском снимке 2002 г. она довольно четко фиксируется на значительной акватории, составляющей не менее 1/3 поверхности озера, располагаясь к югу от о. Каменка, у его западного берега, и у восточного берега о. Залита. Вдольбереговые течения перемещают часть приустьевой водной массы в северо-восточном направлении. Другая ее часть относительно узкой полосой поднимается к северу вдоль фарватера, что хорошо заметно на анализируемом космоснимке.

Относительно компактно у западных берегов озера на снимках фиксируется акватория, выделенная красным цветом. Заметим, что в ее границах и недалеко от них на картографических моделях распределения рыб весной часто фиксируются повышенные концентрации различных видов, что может свидетельствовать об особых условиях, складывающихся в этой части озера в определенные сезоны года.

К сожалению, отсутствие данных регулярных гидрологических наблюдений не позволяет высказать каких-либо обоснованных предположений о причинах развития в этой акватории столь специфичных водных масс. Результат дешифрирования космического снимка представляет собой своего рода «априорную» классификацию, при которой не известны гидрологические, гидрохимические, гидробиологические и прочие особенности водных масс, но фиксируется особый спектральный образ отражения электромагнитных волн различной длины, приходящих от Солнца.

Примечательно, что основные скопления рыб в этот период (см. рис. 5) регистрируются именно в северной части озера, в зонах поступления водных масс с северных, северо-восточных и восточных прибрежных участков, не испытывающих значительного антропогенного воздействия. Это способствует формированию здесь относительно чистых вод, поступающих в озеро в период половодья. В южной части водоема, примыкающей к дельте р. Великая, плотность рыбных скоплений минимальна, что особенно характерно для таких видов как лещ, судак и щука. Скопления окуня и плотвы располагаются в северо-западной зоне акватории и тяготеют к чистым водам, сформированным во время половодья в бассейне р. Чёрной и других малых водотоках.

В ходе траления обычно проводятся измерения температуры воды, что позволяет составить и. картографические модели термического поля (см. рис. 3, а). Так, например, сопоставление этой модели с картами распределения плотности различных видов рыб позволяет в первом приближении ответить и на вопрос о формировании участков особо

плотных скоплений леща, судака, щуки и частично плотвы в центральной части озера. Именно там отмечаются наиболее высокие температуры поверхности воды (+18–19 °С).

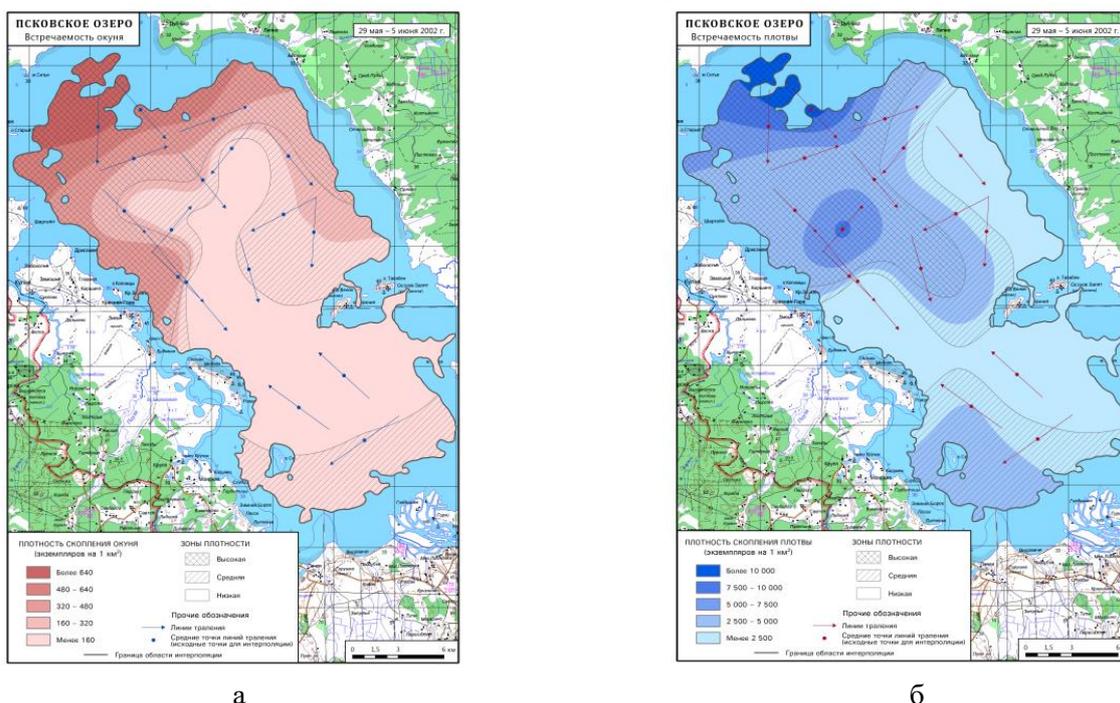


Рис. 5. Плотность скопления различных видов рыб в Псковском озере

по результатам траловых учетов в конце мая – начале июня 2002 г (а – окунь; б – плотва).

Очевидно, что чистота и температура вод – лишь немногие из причин, оказывающих влияние на пространственное распределение рыб. Не менее важная роль может принадлежать поведенческим механизмам, трофическим, гидрологическим и другим факторам. В этом смысле отмеченные результаты сопоставлений носят предварительный характер и нуждаются, по крайней мере, в хорошем статистическом обосновании. Именно в этом состоит главная задача последующего анализа.

Таким образом, разработана и на примере Псковского озера апробирована для эталонных (характерных) лет методика картографического анализа и оценки пространственно-временных особенностей формирования биопродуктивности озерной экосистемы. Она позволила выявить важные особенности в формировании зон с высокой продуктивностью ихтиофауны в данном водоеме, которые связаны, прежде всего, с гидрологическими условиями. Это подтверждает распространенное среди специалистов-ихтиологов мнение о необходимости использования при оценке продуктивности ихтиофауны данных гидрологических наблюдений за температурой, уровнем воды и ледовым режимом водных объектов.

Полученные результаты подтверждают высокую перспективность применения

картографического метода исследования в изучении пространственно-временных особенностей формирования биопродуктивности экосистем внутренних водоемов. Дополнительное привлечение данных натуральных измерений, мониторинговых наблюдений и аэрокосмических исследований (как дополнительных источников информации о состоянии водной среды) позволит существенно расширить возможности комплексного изучения динамических режимов как отдельных компонентов экосистемы водоема (в частности, ихтиоценоза), так и его биотического сообщества в целом. Данный подход будет способствовать решению не только вышеупомянутой научной проблемы, но также и важных задач прикладного характера, таких как, например, оптимизация промыслового режима биологических ресурсов Псковско-Чудского озера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шибаев С. В. Теоретические основы применения системного подхода в рыбохозяйственных исследованиях и информационном обеспечении управления водными биоресурсами внутренних водоемов: дис. ... докт. биол. наук. – Калининград, 2002. – 430 с.
2. Рыбопромысловый атлас Рыбинского водохранилища. – Ярославль: Институт биологии внутренних вод АН СССР, 1963. – 69 с.
3. Атлас озера Хубсугул. – М.: ГУГК, 1989. – 118 с.
4. Байкал. Атлас. – М.: Роскартография, 1993. – 160 с.
5. Едский Б. Л. Научные и методические основы комплексного рыбохозяйственного картографирования России: дис. ... докт. геогр. наук в форме науч. докл. – М., 1997. – 41 с.
6. Рыбохозяйственный атлас озера Ханка. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2014. – 205 с.
7. Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. Атлас. – СПб.: Нестор-История, 2015. – 200 с.
8. Географическое картографирование: карты природы / Под ред. Е. А. Божилиной. – М.: ИД «КДУ», 2016. – 316 с.
9. Емельянова Л. Г., Огуреева Г. Н. Биогеографическое картографирование. – М.: Юрайт, 2017. – 134 с.
10. Прохорова Е. А. Социально-экономические карты. – М.: ИД «КДУ»; «Добросвет», 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bookonline.ru/product/socialno-ekonomicheskie-karty> (дата обращения 18.11.2022).

11. Огуреева Г. Н., Котова Т. В., Емельянова Л. Г. Экологическое картографирование. – М.: Юрайт, 2018. – 162 с.
12. Материалы, обосновывающие общие допустимые уловы водных биологических ресурсов в Чудско-Псковском озере и малых водоемах Псковской области на 2017 год (с оценкой воздействия на окружающую среду). – Псков: Псковское отделение ГосНИОРХ, 2016. – 36 с.
13. Криксунов Е. А., Чистов С. В., Васильев П. В., Бурменский В. А., Бобырев А. Е., Мельник М. М. Пространственно-временная динамика рыб Псковского озера // Журнал общей биологии. – 2020. – Т. 81, № 1. – С. 3–19.
14. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. – М.: ИД «КДУ», 2016. – 424 с.
15. Fish Atlas / Illinois-Indiana Sea Grant. – 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fishatlas.org>. (дата обращения 18.11.2022).