РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ, МЕХАНИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК ИМ. ВОРОВИЧА И.И

ИНСТИТУТ АРИДНЫХ ЗОН

ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЭКОЛОГИЯ
ЭКОНОМИКА
ИНФОРМАТИКА

Том 1

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Сборник статей

Ростов-на-Дону
2015

предыдущие ошибки. При разработке пользовательского интерфейса используется язык программирования ES6, который является следующей версией JavaScript. Задействованы библиотеки ReactJS,ImmutableJS,flummox, gulp и webpack.

Одной из наиболее трудных и интересных задач является отображение векторных данных, таких как поле ветра. С помощью языка JavaScript возможно представлять такие данные в наиболее удобном для пользователя виде: нормированные векторы с цветовым кодированием или метеорологическая нотация. Для обеспечения данного функционала нами был реализован модуль ***pydap.responses.wfs***, дополняющий функциональность ***Pydap*** - инструмента с открытым кодом на языке Python. Модуль позволяет при обращении к данным выдавать ответ в формате GeoJSON. Формат включён в спецификацию WebFeatureService (WFS) и поддерживается большинством картографических инструментов, таких как OpenLayers или Leaflet. Модуль ***pydap.responses.wfs***в скором времени будет опубликован с открытой лицензией в общем доступе.

Основное преимущество разработанного решения - динамическое изменение количества выдаваемых объектов на различных уровнях детализации: задача решена таким образом, что “Арктический портал Синтул” даёт пользователю общую картину поля ветра в интересующем регионе на низких уровнях приближения и детальную картину на высоких. Используемые решения и подходы в совокупности иллюстрируют возможность применения веб-приложений для решения задач оперативного мониторинга морской поверхности.

ВЛИЯНИЕ РЕЧНОГО СТОКА НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗАПАСОВ ОСНОВНЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ АЗОВСКОГО МОРЯ

Букатов А.Е., Павленко Е.А.
Морской Гидрофизический Институт РАН, г.Севастополь
newisland@list.ru; mhi.pavlenko@gmail.com

Азовское море всегда относилось к одному из наиболее продуктивных морей в системе Мирового океана. В 30-50-е годы прошлого столетия уловы рыбы в Азовском море достигали 150-300 тыс.т. в год. Основное промысловое значение имели ценные виды рыб (осетр, судак, лещ, тарань) [1]. Высокая рыбопродуктивность Азовского моря обеспечивалась его мелководностью, низкой соленостью и притоком обогащенных биогенными веществами речных вод.

Однако в настоящее время вследствие интенсивной хозяйственной деятельности человека море испытывает большую антропогенную нагрузку. Зарегулирование стока рек Дона и Кубани, увеличение безвозвратного водопотребления приводят к ухудшению общей экологической ситуации в регионе Азовского моря, сокращению нерестилищ рыб, преобразованию ареалов нагула. Так уменьшение объемов весеннего стока является причиной сокращения

площади заливаемых нерестилищ. Сложившаяся неблагоприятная ситуация во многом усугубляется вселением в Азовское море в 1988 г. гребневика Mnemiopsis leidyi [2], мелкого хищника и пищевого конкурента хамсы и тюльки.

Значительное влияние на условия обитания рыб оказывает растущий уровень загрязнения Азовского моря. В органах и тканях рыб происходит накопление токсических веществ. По данным Украинской Азовской научно-исследовательской рыбохозяйственной станции (УкрАзНИРС) в 1972 г. под влиянием токсикоза погибло около 30 тыс.т. промысловых рыб. В летние месяцы при высокой температуре воды и слабой ветровой активности эвтрофирование приводит к началу активного цветения фитопланктона, что обусловлено и чрезмерным увеличением притока биогенов. Вспышка численности фитопланктона влечет интенсификацию биохимического потребления кислорода и развитию придонной гипоксии [3], которая приводит к гибели морской флоры и фауны, долговременным изменениям структуры прибрежных сообществ. Заморы могут охватывать до 65% акватории моря. Так летом 1999 г. в условиях неблагоприятной гидрохимической и гидрометеорологической ситуации заморы охватили прибрежные районы Белосарайского, Обиточного, Бердянского, Утлюкского и Арабатского заливов, а также Керченского пролива. Количество погибшей рыбы составило 212 т.

Перечисленные неблагоприятные факторы привели к постепенному снижению продуктивности моря, падению запасов и уловов рыб. Так уловы рыбы в 1959 г. составили 51 тыс. т., т.е. уменьшились более чем в 4 раза, по сравнению с началом 19 столетия. В период 1990-1993 гг. среднегодовой вылов рыбы в Азовском море составил всего 21 тыс. т. Многие ценные рыбы потеряли свое промысловое значение. В последние десятилетия основную часть вылова составляет хамса и тюлька [1]. Приведенные данные свидетельствуют, что сложившаяся экологическая ситуация в Азовском море требует постоянного мониторинга природно-ресурсного потенциала региона и проведения комплексных исследований по данной тематике. Анализ состояния и тенденций изменений рыбных запасов Азовского моря проведен в работах [1,3,4]. В настоящей работе на основе многолетних данных учетных съемок проведена оценка состояния и изменчивости запасов основных промысловых рыб Азовского моря. Выполнен статистический анализ влияния колебаний объема и степени загрязнения речного стока на изменение запасов хамсы и тюльки в Азовском море.

Материалы и методика Для характеристики состояния промысловых запасов хамсы и тюльки использованы данные учетных съемок за период 1981-2013 гг., полученные по уловам стандартной лампары (разновидность небольшого кольцевого невода) в летний период, когда хамса и тюлька распределяются для нереста и нагула по всей акватории Азовского моря [3].

В работе также использованы данные по среднемесячным расходам воды на гидрологических постах станица Раздорская и хутор Тиховский за период 1981-2013 гг., а также данные гидрохимических наблюдений по концентрациям биогенных веществ (азот аммонийный, фосфор общий) в устьевых областях рек Дон и Кубань за период 1992-2012 гг..

Сток биогенных загрязняющих веществ рассчитывался по формуле:

$$m = WC,$$

где W — объем водного стока [км^3/год],

C — концентрация загрязняющего вещества [мг/л, мкг/л].

Статистический анализ зависимости многолетней динамики запасов (М, тыс.т.) основных промысловых рыб от объемов стока, и биогенного загрязнения рек Дон и Кубань проводился на основе значений коэффициентов парной корреляции, полученных при обработке исходных рядов с шагом сдвига (δ) 0-5 лет.

Анализ результатов Общее количество поступающих в Азовское море речных вод определяется в основном стоком рек Дон и Кубань, поставляющих в море 95% суммарного стока. Причем основная часть речных вод поступает в восточную половину моря. Многолетняя динамика годовых объемов стока рек Дон и Кубань показана на рис. 1. Видно, что средняя многолетняя величина суммарного стока (рис.1,а) за 1952-2012 гг. равна 33.1 км^3. Его максимум 51.4 км^3 отмечен в 1963 г., а минимум составил 20.4 км^3 в 1969 г. Сезонное и пространственное распределение

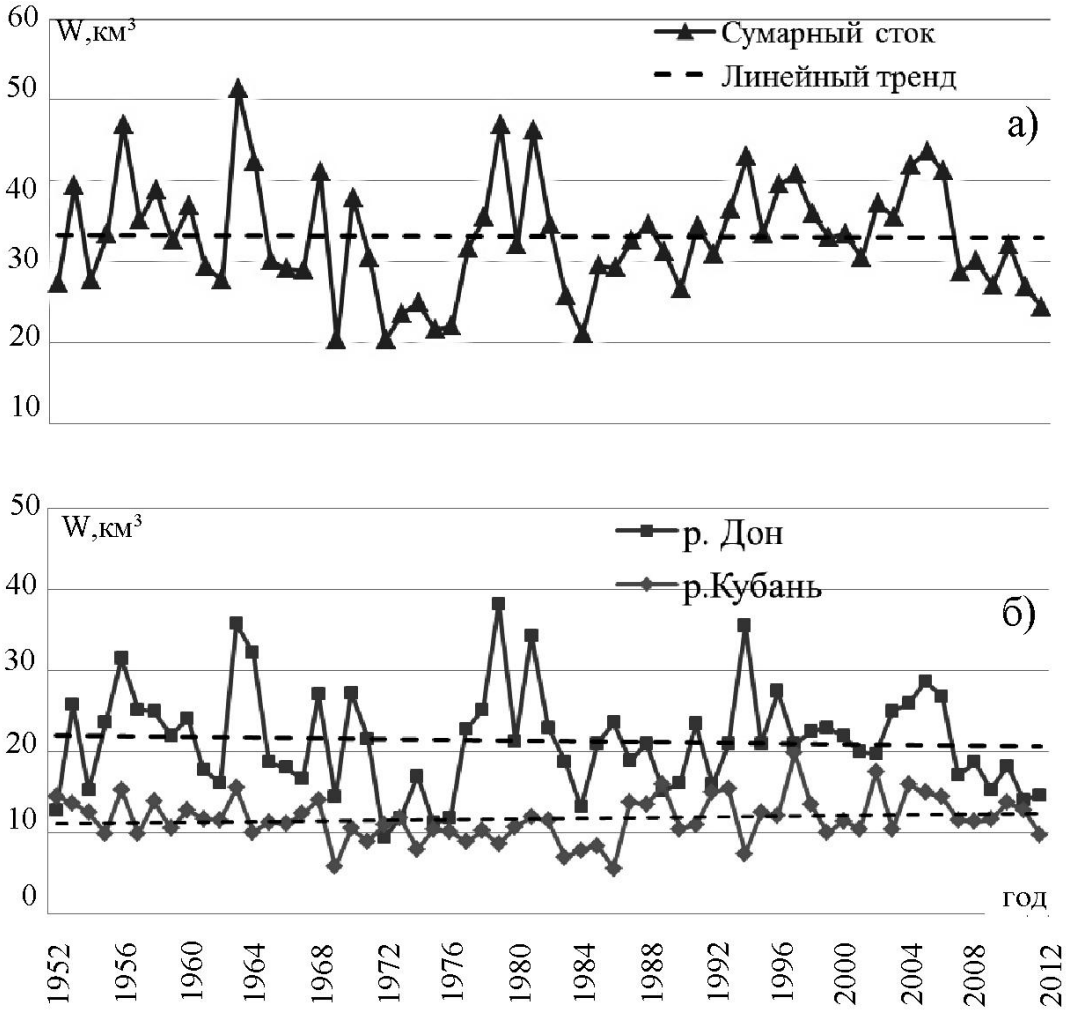

Рис. 1 — Многолетняя динамика стока рек Дон и Кубань.

стока неравномерно. Доля весеннего стока составляет около 40%, а летнего - 20%. Наибольшее количество (свыше 60%) воды приносит река Дон (рис.1,б). Среднегодовой объем стока при этом составляет 21.4 км^3. Среднее квадратическое отклонение (σ), характеризующие величину межгодовой изменчивости объема стока, для реки Дон составляет 6.4 км^3. Среднемноголетний сток реки Кубань (рис.1,б) равен 11.8 км^3/год, а σ =2.8 км^3. Среднегодовой объем изъятия стока реки Дон составляет 8-11 км^3, а реки Кубань 1-5 км^3. Антропогенное сезонное зарегулирование стока проявляется в уменьшении доли весеннего стока и в увеличении осеннего и зимнего стока. Сезонные изменения стока более заметны для реки Дон, чем для Кубани, так как гидрограф внутригодового стока Кубани совпадает с гидрографом ирригационных водозаборов.

Биологическая продуктивность Азовского моря зависит от баланса биогенных веществ (особенно соединений фосфора и азота), необходимых для развития фитопланктона, который является основой пищевой цепи морских организмов. Характерной тенденцией динамики биогенных веществ в водах рек, питающих Азовское море, в условиях современной антропогенной нагрузки является снижение содержания общего фосфора и рост содержания азота. Поступление общего фосфора в бассейн Азовского моря в период 1992-2012 гг. в среднем за год составило 4.2 тыс.т [5] (рис.2),
в то время как до 1952 года равнялось по различным оценкам 13.2-20.6 тыс.т/год.

Таким образом, по сравнению с периодом до зарегулирования стока количество общего фосфора, выносимого реками, уменьшилось в 4 раза. Поступление аммонийного азота со стоком рек Дон и Кубань за период 1992-2012 гг. (рис.2) составило 5 тыс.т/год. Вклады Дона и Кубани в среднегодовое поступление загрязняющих веществ различные. Со стоком р. Кубань и р. Дон в среднем за год поступает азота аммонийного 2.0 тыс.т. и 3.0 тыс.т. соответственно, поступление общего фосфора сотавляет 0.5 тыс.т. и 3.3 тыс.т. соответственно. Причем поступление аммонийного азота и фосфора со стоком Кубани в последние годы превышает поступление биогенов со стоком р. Дон несмотря на то, что водность р. Кубань в 1.5 раза меньше.

Как видно из анализа данных, приведенных на рис. 3, состояние промысловых запасов хамсы (рис. 3,а) и тюльки (рис. 3,б) до середины 80-х годов сохранялось на достаточно высоком уровне. Средний годовой промысловый запас хамсы за период 1981-1990 гг. составил 167 тыс. т., тюльки 416 тыс.т.. С конца 1980 гг. промысловые запасы резко упали. Запас хамсы за период 1991-2000 гг. снизился до 93 тыс.т./год, а тюльки до 245 тыс.т./год.

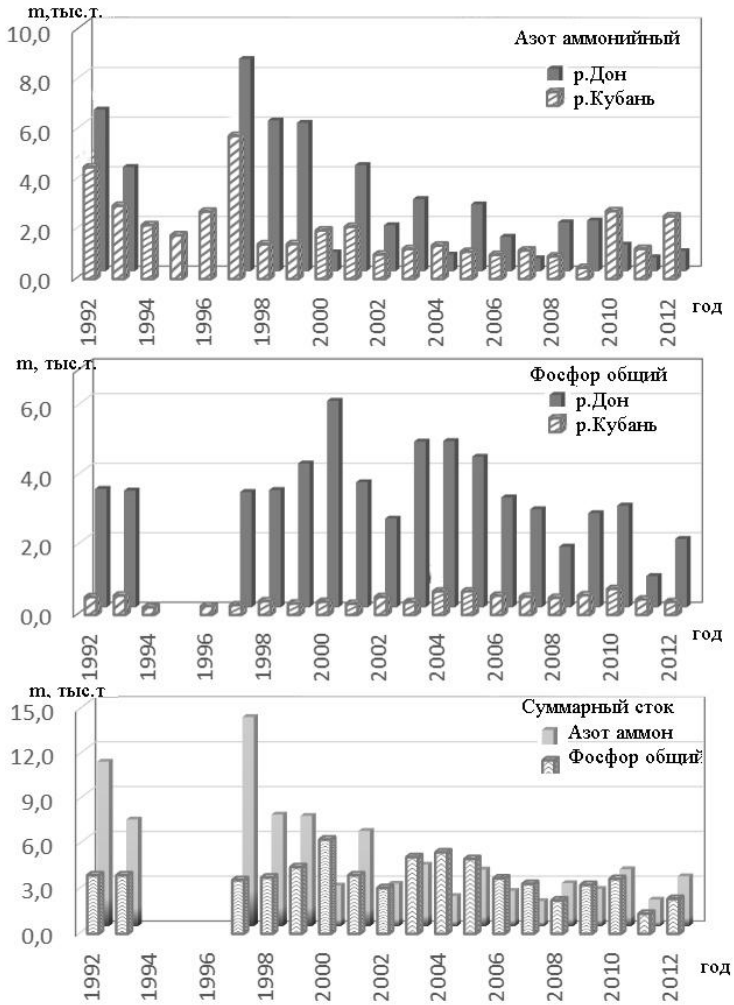

Рис. 2. Среднегодовое поступление общего фосфора и аммонийного азота в Азовское море со стоком рек Дон и Кубань (тыс. т/год).

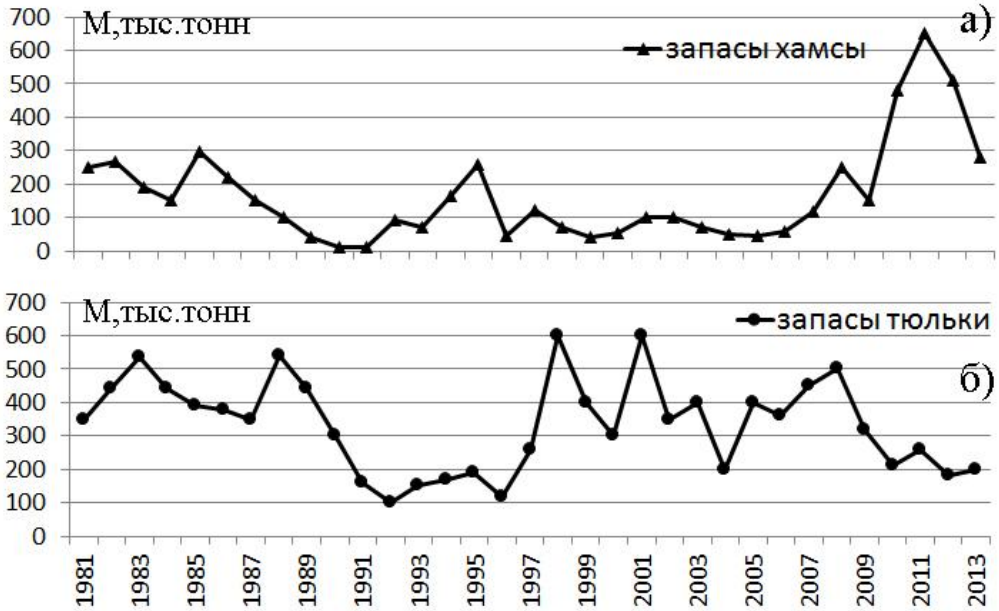

Рис. 3 — Многолетняя динамика запасов хамсы и тюльки.

В основном, это стало следствием увеличения антропогенной нагрузки на регион, и массового развития гребневика-вселенца мнемиопсиса, основного пищевого конкурента хамсы и тюльки. В последние годы запасы данных видов рыб восстановились. В период 2001-2010 гг. средние годовые промысловые запасы хамсы и тюльки составили 142 тыс.т. и 379 тыс. т. соответственно.

Статистический анализ зависимости многолетней динамики запасов основных промысловых рыб от объемов суммарного стока рек Дон и Кубань с шагом сдвига (δ) исходных рядов 0-5 лет (рис.4) показал наличие между ними существенной согласованности. Коэффициенты корреляции приведены в таблице 1. Жирным шрифтом отмечены оценки, превышающие 90% уровень значимости. Корреляционные связи запаса азовской хамсы с объемами стока рек отрицательны, и коэффициенты значимы при $\delta \leq 3$. Величины коэффициентов достигают значения -0.39 при $\delta=2$. Это вероятно связано с неблагоприятным влиянием опреснения моря. Азовская хамса — нерестится и нагуливается в Азовском, а зимует в Черном море. Наиболее оптимальной соленостью для развития икры является соленость 10-15‰. Увеличение солености до 20 ‰ неблагоприятно сказывается на развитии эмбрионов, но в значительно меньшей степени, чем опреснение моря. На ранних этапах развития азовская хамса очень чувствительна к понижению солености. Вода соленостью 6.7% для нее уже летальна. В 1970-е годы антропогенное изъятие стока совпало с периодом маловодности рек Дона и Кубани, что обусловило значительное осолонение моря. Средний суммарный сток рек в Азовское море в период 1971-1980 гг. составил 29 км^3, а в 1976 г. была зарегистрирована наибольшая средняя соленость Азовского моря – 13.8 ‰. Запасы хамсы в эти годы находились на достаточно высоком уровне и составляли в среднем за период 1971-1980 гг. 213 тыс. т.

Коэффициенты корреляции запаса тюльки с объемами стока рек значимы и положительны при $3 \leq \delta \leq 5$ лет, и достигают величины 0,41 при $\delta=5$ (табл.1). Тюлька мелкая стайная пелагическая рыба, размножается в Таганрогском заливе, её нагул и зимовка идет на всей акватории Азовского моря. Икра и личинки тюльки могут развиваться при солености 0-13.1‰, а при солености 17‰ и выше они погибают. Массовый нерест тюльки происходит при солености 0.5-7‰. Ареалы её размножения обычно ограничены изогалиной 7‰. Таким образом, увеличение объемов речного стока и распреснение моря благоприятно сказывается на площадях ареалов нереста и на выживании молоди тюльки. Так в 30-е годы прошлого столетия на фоне распреснения море, когда среднегодовой сток рек составлял 38.1 км^3, а средняя соленость моря снизилась до 9.4 ‰ к 1932 г., среднегодовые запасы тюльки достигли величины 460 тыс. т.

Таблица 1.

Коэффициенты корреляции запасов хамсы и тюльки с суммарным стоком рек Дон и Кубань, полученные при обработке исходных рядов с шагом сдвига (δ) 0-5 лет.

δ, год	0	1	2	3	4	5
Азовская хамса	**-0.34**	**-0.36**	**-0.39**	**-0.34**	-0.27	-0.20
Тюлька	0.21	0.22	0.26	**0.31**	**0.38**	**0.41**

Примечание: Жирным шрифтом отмечены оценки превышающие 90% уровень значимости.

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи многолетней динамики запасов хамсы и тюльки с изменчивостью концентраций биогенных веществ (азот аммонийный, фосфор общий) приведены в табл.2.

Таблица 2.

Коэффициенты корреляции запасов хамсы и тюльки с содержанием биогенных веществ, полученные при обработке исходных рядов с шагом сдвига (δ) 0-5 лет.

	Азот аммонийный			Фосфор общий		
δ, год	0	1	2	0	1	2
Азовская хамса	**-0.35**	**-0.40**	**-0.35**	0.20	**0.44**	0.28
Тюлька	-0.10	-0.31	-0.25	-0.29	-0.18	-0.16

Примечание: Жирным шрифтом отмечены оценки превышающие 90% уровень значимости.

Максимальные значимые коэффициенты корреляции, которые достигли величины 0.44, были получены для δ=1, т. е. для года предшествующего анализируемому и определяющему осенне-зимнюю аккумуляцию азота и фосфора в донных отложениях. Увеличение содержания аммонийного азота, которое указывает на ухудшение общего санитарного состояния водоема, отрицательно сказывается на запасах хамсы. Максимальные коэффициенты корреляции составили -0.40 и были получены для δ=1.

Корреляционный анализ показал, что увеличение концентраций биогенных веществ в устьевой области Таганрогского залива, оказывает неблагоприятное влияние на запасы тюльки. Коэффициенты корреляции отрицательны, однако значения коэффициентов не являются статистически значимыми. Эти связи отражают, вероятно, неблагоприятное влияние антропогенной эвтрофикации вод, которая приводят к началу активного цветения фитопланктона в районах нереста и нагула тюльки. Увеличение биомассы и численности видов фитопланктона влечет интенсификацию биохимического потребления кислорода и развитию придонной гипоксии [3], которая приводит к гибели морской флоры и фауны, долговременным изменениям структуры прибрежных сообществ.

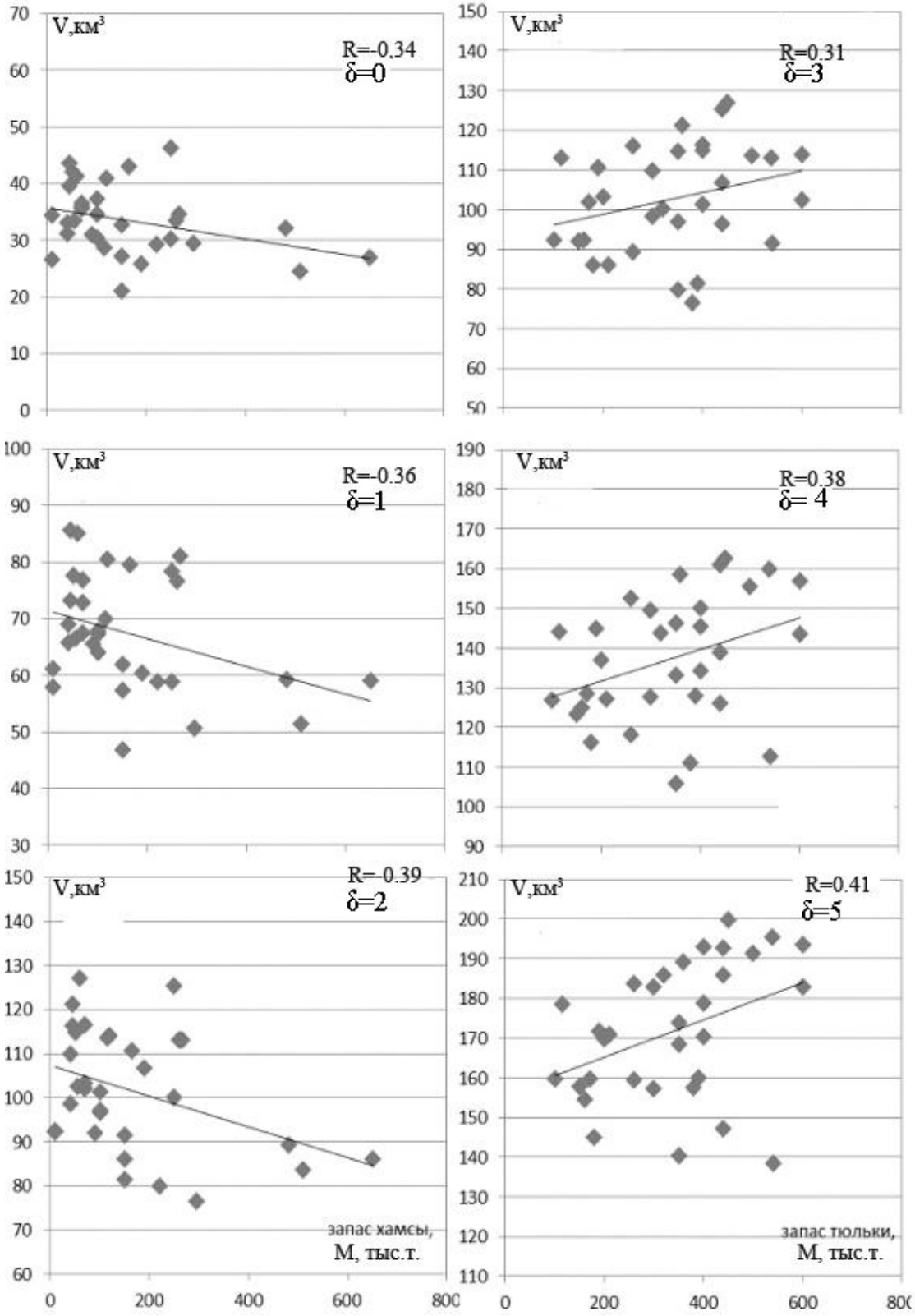

Рис.4. Корреляционные зависимости между запасами рыб и объемами стока рек (V, км^3) с шагом сдвига δ≤5 лет.

Заключение Состояние промысловых запасов хамсы и тюльки до середины 80-х годо сохранялось на достаточно высоком уровне: средний за год промысловый запас хамсы за период 1981-1990 гг. составил 167 тыс. т., а тюльки 416 тыс.т.. С конца 1980 гг. промысловые запасы резко упали. Среднегодовой запас хамсы за период 1991-2000 гг. снизился до 93 тыс.т., а тюльки до 245 тыс.т./год. В основном, это стало следствием увеличения антропогенной нагрузки на регион, и массового развития гребневика-вселенца мнемиопсиса, основного пищевого конкурента хамсы и тюльки. В последние годы запасы данных видов рыб восстановились. В период 2001-2010 гг. средние годовые промысловые запасы хамсы и тюльки составили 142 тыс.т. и 379 тыс. т. соответственно.

Корреляционные связи запаса азовской хамсы с объемами стока рек отрицательны, и коэффициенты значимы при $\delta \leq 3$. Величины коэффициентов достигают значения -0.39 при $\delta=2$. Это вероятно связано с неблагоприятным влиянием опреснения моря на условия развития эмбрионов хамсы, площади ареалов нереста и нагула данного виды рыбы.

Корреляция запаса тюльки с объемом стока рек с шагом сдвига (δ) 3-5 лет значима, коэффициенты положительные и достигают величин 0.38-0.41. Таким образом, увеличение объемов речного стока, распреснение моря, увеличение площадей заливаемых нерестилищ тюльки благоприятно сказывается на выживании молоди.

Увеличение содержания общего фосфора оказывает положительное влияние на запасы хамсы. Максимальные значимые коэффициенты корреляции, которые достигли величины 0.44, были получены для $\delta=1$, т. е. для года предшествующего анализируемому и определяющему осенне-зимнюю аккумуляцию азота и фосфора в донных отложениях. Увеличение содержания аммонийного азота, которое указывает на ухудшение общего санитарного состояния водоема, отрицательно сказывается на запасах хамсы и тюльки. Коэффициенты корреляции достигают величины -0.40.

Список литературы:

1. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В. Состояние воспроизводства рыбы и пути возрождения биоресурсов Азовского моря // Вестник Южного научного центра РАН. 2005. –Т.1. –№ 4. –С.30-37.
2. Чащин А.К, Дубовик В. Е., Негода С. А., Чащина А. В. Состояние промысловых популяций азовских пелагических рыб в условиях воздействия желетелых гидробионтов-вселенцев. В сб.: Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона // Материалы VIII Международной конференции. – Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 2012, − с. 36-44
3. Боровская Р.В., Ломакин П.Д., Панов Б.Н., Спиридонова Е.О., Троценко Б.Г. Океанографические исследования ЮгНИРО в Азово-Черноморском бассейне с использованием информации с ИСЗ: Труды ЮгНИРО, т.48: спецвыпуск. – Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 2009. - 78 с.

4. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженюк С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. Южный науч. центр РАН. − М.: Наука, 2006. − 304 с.
5. Букатов А.Е., Павленко Е.А. Влияние гидрометеорологических условий на изменчивость концентраций загрязняющих веществ в устьевых зонах Азовского моря. В сб.: Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ, вып. 28, – 2014 г., с. 368-374.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ И В ВОДАХ ОЗЕР НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

Виноградова[1] А.А., Котова[2] Е.И.
[1]Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва
[2]Северное управление гидрометслужбы РФ, г. Архангельск
anvinograd@yandex.ru, ecopp@yandex.ru

Состав водных объектов окружающей среды интересен не только сам по себе, он дает информацию о взаимодействии различных сред как на поверхности Земли, так и в процессах межгеосферного обмена. Состав атмосферных осадков и поверхностных вод суши является предметом регулярного мониторинга на станциях управлений метеослужбы (УГМС) Росгидромета. Эти многолетние данные можно рассматривать как научный материал, ценность которого растет с каждым годом.

Изучению состава водных сред также посвящены многие экспериментальные исследования в рамках отдельных научных экспедиций и проектов [1-3]. Состав атмосферных осадков отражает состав атмосферного воздуха, в котором формируются облака и осадки, и сильно зависит от местоположения пункта наблюдений и особенностей циркуляции атмосферы. Металлы в водах озер и рек – это показатель как внутренних физико-химических и биологических особенностей водоема, так и внешних условий поступления вещества из атмосферы и с водами поверхностного и грунтового стока [5, 6].

В данной работе изучаются временные и пространственные особенности распределения ряда металлов в атмосферных осадках и в водах озер на северо-западе европейской территории России (ЕТР) – по данным регулярных наблюдений на отдельных станциях Северного УГМС, где проводился мониторинг металлов.

МЕТОДЫ И МЕСТА ОТБОРА ПРОБ

Атмосферные осадки (далее – осадки) отбирались на станциях Архангельск (64.50° с.ш., 40.73° в.д.), Северодвинск (64.55° с.ш., 39.76° в.д.), Брусовица (64.32° с.ш., 40.60° в.д.), Сура (63.58° с.ш., 45.64° в.д.). Отбор проб атмосферных осадков на государственной сети наблюдений проводится по единой методике, исключающей поступление в пробу загрязняющих веществ в