

очень резко снижают интенсивность фотосинтеза или вовсе не способны его осуществлять.

Таким образом, было показано, что особенности пигментной системы красных водорослей (наличие фикобилинов) позволяют им активно осуществлять фотосинтез не только в условиях нормального спектрального состава света (у поверхности), но и при измененном спектральном составе, наблюдаемом на глубине. Кроме того, красные водоросли могут успешно фотосинтезировать в большом диапазоне освещенностей.

В результате фотосинтеза происходит накопление массы филлофоры, которое идет неравномерно, обнаруживая максимумы весной и осенью и минимумы зимой и летом. На промысловом участке филлофорного поля накопление сухой массы водоросли с апреля по октябрь составляет 7,5% (1962 г.).

Вопрос о возобновлении запасов биомассы филлофорного поля имеет большое значение для народного хозяйства, так как филлофора служит сырьем для агаровой промышленности. Намечающееся в настоящее время расширение Одесского агарового завода делает необходимым проведение широких комплексных работ по определению размеров сырьевой базы агарового производства на Черном море.

З. А. Виноградова

БИОХИМИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ОРГАНИЗМОВ ЧЕРНОГО МОРЯ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Биохимическое изучение организмов Черного моря, начатое немногим более четверти века назад, осуществлялось как в связи с задачами практического использования богатств моря, так и в связи с разработкой вопросов сравнительной биохимии и физиологии морских организмов.

Толчком для более широкого и интенсивного биохимического изучения черноморских организмов явилась первая Всесоюзная конференция по вопросам сравнительной биохимии, созданная в мае 1939 г. в Киеве Институтом биохимии АН УССР.

Теоретической основой биохимического изучения организмов морей СССР, в том числе и черноморских, явились принципиальные положения, высказанные акад. В. И. Вернадским (1960), основателем биогеохимии как самостоятельной науки, и А. П. Виноградовым — учеником и продолжателем идей Вернадского.

Существенное влияние на направление биохимических исследований черноморских организмов оказала также концепция об

эволюционном значении периодических сезонных изменений химических признаков и о необходимости знания динамической характеристики вида по химическому составу, выдвинутая проф. В. В. Ковальским (1940).

В 1937 г., в связи с переходом Карадагской биологической станции в ведение Академии наук УССР, Украинская академия впервые получила морскую научную базу. Дальнейшее развитие биохимических исследований на Черном море осуществлялось главным образом под научным руководством Института биохимии АН УССР.

В 1938 г. впервые на Черном море, на Карадагской биологической станции АН УССР, была организована лаборатория сравнительной биохимии морских организмов, которая стала базой биохимических исследований как Украинской Академии наук, так и других научных учреждений СССР.

В настоящее время накоплены значительные материалы по биохимии черноморских организмов, поэтому мы лишь кратко охарактеризуем основные направления и результаты этих исследований, не придерживаясь строго хронологического порядка.

Биохимические исследования черноморских растительных и животных организмов развивались в нескольких направлениях.

I. *Биохимическое изучение некоторых массовых видов беспозвоночных Черного моря* (Аблямитова-Виноградова, Макаров и Пилявская, Вендт и Кузнецова, Кручакова, Виноградова и Вендт, Букин и Ерофеева, Букин, Арешкина и Куцева, Мигаль), давшее возможность выявить химический состав и его видовую специфичность, витаминную ценность, а также установить наиболее целесообразные периоды их практического использования. На примере 12 массовых видов беспозвоночных (моллюсков, ракообразных и оболочников) показана изменчивость химических признаков в зависимости от сезонов, физиологического состояния и экологических условий обитания. Эти исследования дали возможность впервые выявить видовую специфичность химического состава черноморских беспозвоночных (Аблямитова-Виноградова, 1949).

II. *Изучение химического состава макрофитов Черного моря* (Аверкиев, Виноградов, Дудкин и Керцман, Джелилева, Коренцит, Лебедев, Ярцева, Литвиненко, Потеряев, Серенков, Пахомова, Алфимов, Яценко и др., а также болгарские исследователи Далев, Данчев, Лиджи, Емануилов с сотрудниками). Исследование химического состава макрофитов способствовало их практическому использованию (филлофора, цистозира). Установлена видовая специфичность химического состава макрофитов и морской травы — зостеры — Черного моря в лабораториях Одесского технологического института им. Ломоносова (Дудкин, Медведева, Хаит, Арешидзе и др.). Изучение аминокислотного состава белков морских водорослей, в том числе диатомовой водоросли Черного моря *Rhabdonema adriatica*, и нуклеотидного состава нуклеиновых кис-

лот позволило выявить таксономическое значение ДНК и для водорослей (Серенков и Пахомова, Кафедра биохимии растений МГУ).

III. *Аминокислотный состав белков* черноморских мидий изучался С. Е. Севериным и А. А. Дикановой (1960). П. Л. Вольфсон (1962) подверг сравнительному биохимическому анализу аминокислоты и дипептиды мышечной ткани некоторых рыб Черного моря (Кафедра биохимии животных МГУ). Аминокислотный состав некоторых массовых беспозвоночных (моллюски, креветки) изучается И. Степанюк (Одесское отделение Института биологии южных морей).

IV. *Ферменты массовых беспозвоночных и рыб Черного моря* изучались Б. Гольдштейн с сотрудниками (1938). Активность гликолитических ферментов мозга черноморских рыб (акулы, скаты, костистые рыбы) и аденозинтрифосфатаза в мышцах рыб исследованы сотрудниками лаборатории А. В. Палладина. Ферменты ракообразных в связи с изучением эволюции функции дыхания исследованы Е. М. Крепсом и Е. Ю. Ченыкаевой (1942). Пищеварительные ферменты черноморских рыб изучаются в Одесском отделении Института биологии южных морей (Р. Кандюк).

V. *Изучение химического состава промысловых рыб* позволило получить их химическую характеристику в разные периоды вылова (Вещезоров, Миндер, Клейменов, Шульман и др.). Более детальному изучению подвергнуты динамика жировых запасов в печени пелагических и донных рыб (Виноградова, Переpletчик, Драгунов) и динамика жира азовской хамсы в связи с ее миграцией (Шульман), а также изменения липоидного обмена ставриды в зависимости от сезона (Пора, Рошка и Порумб, 1961), индивидуальные колебания жирности планктоноядных рыб (Лисовская, Одесское отделение Института биологии южных морей).

VI. *Обширные и обстоятельные исследования витаминов в черноморских организмах.* 1. Исследования витамина А в рыбах Черного и Азовского морей (Виноградова, Драгунов и Касинова, Кузнецова, Переpletчик) выполнены по одному плану одновременно с подобными исследованиями в других морях СССР. Результаты изучения витамина А в черноморских рыбах обобщены в монографии З. А. Виноградовой (1957а). 2. Изучение провитаминов и витамина D в планктоне и беспозвоночных (Вендт, Виноградова, Кузнецова, Букин и Гаркина и др.). Этими работами установлен ряд закономерностей распределения, накопления и трансформации витаминов А и D в системе пищевых связей в море и выявлены объекты для промышленного получения указанных витаминов. В последние годы (с 1956 г.) в Лаборатории биохимии морских организмов Одесской биостанции АН УССР проводилось систематическое изучение сравнительной биохимии, в том числе стерина — провитамина D и холестерина планктонных организ-

мов Черного моря. Этими исследованиями установлены как групповые (систематические), так и видовые отличия в планктоне в количественном соотношении этих форм стерингов, что позволяет использовать их в качестве объективного критерия для определения удельного веса в планктоне фито- и зооформ. Получены существенные отличия в количественном содержании стерингов-провитаминов D и холестерина у форм зоопланктона, обитающих в поверхностном слое (гипонейстона) и в более глубоких слоях (Виноградова, 1957а,б,в; 1959; 1960; 1961; 1963). 3. Исследования витамина В₁₂ в макрофитах (Емануилов и сотрудники, Куцева и Букин), в беспозвоночных — ракообразных и моллюсках (Букин, Арешкина, Куцева, Мигаль), в фитопланктоне и в морской воде (Супрунов). 4. Определение витаминов С, В₁, В₂, РР в водорослях-макрофитах (Потеряев, Алфимов, Яценко).

V. В 1953—1963 гг. широкое развитие получило изучение биохимии черноморского тотального планктона (исследования органического состава — жира, белка, углеводов, стерингов-провитаминов D и холестерина, пигментов и витамина А и химического элементарного состава в сезонном и географическом аспектах — Виноградова, Виноградова и сотрудники, Виноградова и Ковальский). Проведены исследования биохимии отдельных массовых видов фито- и зоопланктона как в естественных условиях их вегетации (Виноградова, Цхомелидзе), так и отдельных видов фитопланктона, выращенных в искусственных условиях (Ланская и Пшенина).

Выявлены закономерности сезонных и многолетних изменений биохимических показателей планктона, установлена географическая изменчивость его биохимического состава, на основании чего сделан вывод о возможности применить учение акад. А. П. Виноградова о биогеохимических провинциях к морям и океанам, в частности к Черному морю с его сложным водообменом как по горизонтали, так и по вертикали. На большом фактическом материале (более 30 видов) показана видовая специфичность биохимического состава планктонных организмов (Виноградова, 1956, 1963; Виноградова и др., 1962).

Сравнительное изучение химического состава планктона Черного, Азовского и Каспийского морей, собранного по единой методике и одними и теми же орудиями лова за короткое время, в течение июля-августа 1962 г., позволило выяснить, что установленные нами закономерности географических изменений биохимического состава черноморского планктона в общих чертах присущи также планктону Каспийского и Азовского морей.

VI. Изучение пигментного состава планктона и его отдельных видов (Виноградова и Яценко, Дрокова, Сущеня, Виноградова). Выявлены сходство и отличия пигментного состава диатомовых, зеленых, и синезеленых водорослей. З. А. Виноградовой и Г. К. Яценко установлено, что синезеленые водоросли характери-

зуются высоким содержанием хлорофилла и β -каротина и могут быть рекомендованы в качестве сырья для получения β -каротина наряду с *Dunaliella salina*.

Если учесть огромную акваторию вновь созданных и создаваемых водохранилищ и существующих солоноватоводных водоемов (Днепро-Бугский лиман, Азовское и Каспийское моря), где сине-зеленые водоросли, интенсивно развиваясь, вызывают «цветение» воды, то для народного хозяйства нашей страны открываются очень большие, но еще вовсе не используемые ресурсы.

Изучение пигментов (хлорофилла, каротина и ксантофиллов) планктона Черного моря в 1962 и 1963 гг. на стационарном пункте в районе Одесса — Сухой лиман показало (рис. 1, а, б), что сезонные изменения количественного содержания хлорофилла

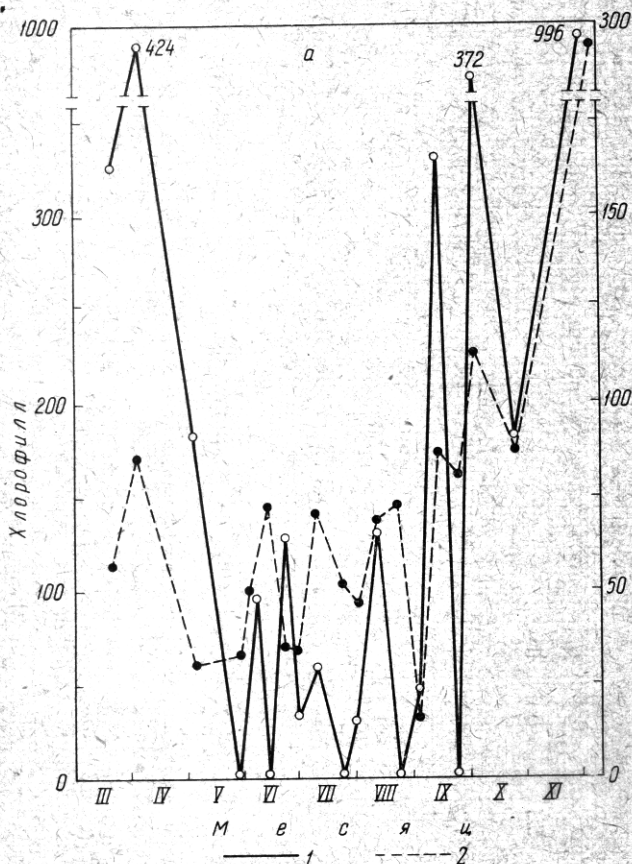


Рис. 1. Сезонная динамика пигментов в планктоне Черного моря (район Одесса — Сухой лиман) в 1962 г. (а) и в 1963 г. (б)
1 — хлорофилл; 2 — каротиноиды (в γ/γ сырого вещества)

в планктоне Черного моря происходят параллельно изменениям количества каротиноидных пигментов. Отличия в эти годы проявляются лишь в абсолютных величинах содержания перечисленных пигментов. Весьма характерным является относительная стабильность соотношений количества ксантофиллов и каротина, а также хлорофилла и каротиноидного пигмента (Виноградова и Яценко). Поэтому, при исследованиях и расчетах продукции фитопланктона, нам кажется, необходимо учитывать, наряду с хлорофиллом, количество сопутствующих хлорофиллу каротиноидных пигментов.

Сравнение количества хлорофилла в морском и океаническом планктоне, выраженного в процентах органического вещества, показывает, что его колебания происходят примерно в одинаковых пределах — от 0,1 до 3,6. Если полученные данные подтвердятся на большом сравнительном материале, то это позволит еще

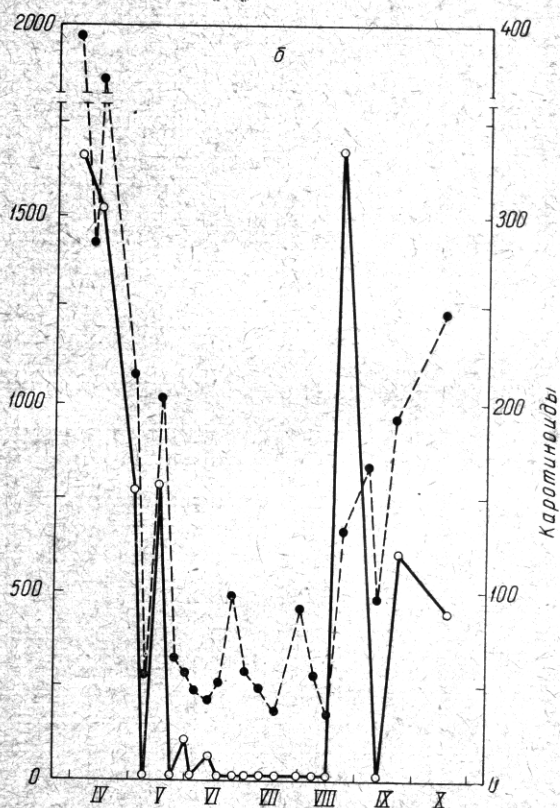


Рис. 1. (продолжение)

глубже вскрыть общие закономерности процесса фотосинтеза в морях и океанах.

VII. В 60-е годы начато довольно интенсивное изучение химического элементарного состава черноморских организмов (Кручакова, Ковальский, Резаева и Кольцов, Виноградова и Ковальский, Алфимов, Виноградова).

Этими исследованиями установлено исключительно высокое концентрирование некоторых химических элементов массовыми видами фито- и зоопланктона, а также донными беспозвоночными Черного моря. Широко поставлено изучение накопления некоторых радиоактивных элементов в водорослях и беспозвоночных животных Черного моря в связи с разработкой вопросов радиоэкологии морских организмов (работы Поликарпова и сотрудников в Институте биологии южных морей).

Из всего вышеизложенного видно, что хотя и ведется интенсивное изучение биохимии черноморских организмов, но масштабы исследований еще недостаточны для удовлетворения возрастающих потребностей науки и народного хозяйства. В Черном море известно около 1700 видов растений и животных (Зенкевич 1963), между тем химическим и биохимическим изучением охвачены с той или иной полнотой лишь около 80 видов, что составляет менее 5% от общего числа. Исходя из основных теоретических положений, высказанных акад. В. И. Вернадским и до сих пор имеющих программное значение, ближайшими задачами биохимического изучения организмов Черного моря являются следующие:

1. Биохимическая оценка наиболее массовых форм организмов Черного моря в целях практического использования их в народном хозяйстве, особенно по составу витаминов, микроэлементов и аминокислот.

2. Выявление и изучение групповых и селективных концентраторов отдельных химических элементов среди массовых форм пелагиали и бентали в целях познания участия и роли морских организмов в миграции химических элементов в гидросфере и роли микроэлементов в метаболизме.

3. Изучение химической экологии массовых видов морских организмов.

4. Изучение сезонной и географической изменчивости химического состава тканей и биохимических процессов в организмах в целях познания динамической характеристики видов по химическим признакам, что очень важно для выявления роли химической изменчивости в эволюционном развитии растительного и животного мира морей и океанов, а также для решения вопросов сравнительной биохимии.

5. Разработка химической систематики морских организмов на основе изучения их химического (в первую очередь элементарного) состава и его специфики как видового признака.

6. Изучение биохимического и элементарного состава организмов, прежде всего планктонных, что позволит выяснить вопросы баланса живого вещества и его геохимическую роль в море.

ЛИТЕРАТУРА

- Аблямитова-Виноградова З. А. 1949. О химическом составе беспозвоночных Черного моря и его изменениях.— Труды Карадаг. биол. станции, вып. 7.
- Алфимов Н. Н., Прошкина-Лавренко А. И. 1961. К биологии и биохимии *Cladophora siwaschensis* Meyer.— Докл. АН СССР, т. 136, № 1.
- Букин В. Н., Арешкина Л. Н., Куцева Л. С. 1955. Витамин В₁₂, его природные источники и их использование.— Сб. «Современные вопросы советской витаминологии». Медгиз, М.
- Букин В. Н., Ерофеева Н. Н. 1951. Биологический метод определения и результаты испытания рыбьих жиров и других продуктов морского промысла на витамин D.— Сб. «Витаминные ресурсы и их использование. I. Витаминные ресурсы рыбной промышленности». Изд-во АН СССР, М.
- Вендт В. П. 1953. Беспозвоночные как источник витаминов группы D.— Сб. «Витамины», т. I. Изд-во АН УССР, Киев.
- Вендт В. П., Кузнецова Л. Н. 1950. Дослідження неомілованих речовин деяких безхребетних. I. Провітаміни групи D в чорноморських мідях.— Ж. Укр. біохім. журнал, т. XXII, вып. 2.
- Вернадский В. И. 1960. Избранные сочинения. Т. V. Биосфера. I—II. Изд-во АН СССР, М.
- Вещезоров Б. И. 1937. Химический состав сельди и хамсы Азово-Черноморского бассейна.— Рыбное хозяйство, № 7.
- Виноградов А. П. 1935. Химический элементарный состав организмов и периодическая система Д. И. Менделеева.— Труды биогеохим. лаборатории АН СССР, т. III.
- Виноградов А. П. 1937. Химический элементарный состав организмов моря, часть II.— Труды биогеохим. лаборатории АН СССР, т. IV.
- Виноградов А. П. 1939. Химический состав планктона.— Труды биогеохим. лаборатории АН СССР, т. V, стр. 3.
- Виноградов А. П. 1944. Химический элементарный состав организмов моря, часть III.— Труды биогеохим. лаборатории АН СССР, т. VI.
- Виноградова З. А. 1953. Сравнительная характеристика содержания витамина А в печени рыб Черного моря.— Сб. «Витамины», т. I. Изд-во АН УССР, Киев.
- Виноградова З. А. 1956. К познанию химического состава кормовых организмов и рыб Черного моря.— Сб. «Труды Совещания по физиологии рыб». Изд-во АН СССР, М.
- Виноградова З. А. 1957а. Витамин А в печени рыб Черного моря. Изд-во АН УССР, Киев.
- Виноградова З. А. 1957б. Содержание стеролов в теле моллюсков-биофильтраторов и в планктоне Черного моря.— Труды Карадаг. биол. станции, вып. 14.
- Виноградова З. А. 1957в. Биохимический состав планктона Черного моря.— Докл. АН СССР, т. 116, № 4.
- Виноградова З. А. 1959. Биохимический состав планктона северо-западной части Черного моря.— Ученые зап. Одесской биол. станции, вып. 1.
- Виноградова З. А. 1960. Динамика биохимического состава и калорийности планктона Черного моря в сезонном и географическом аспектах.— Ученые зап. Одесской биол. станции, вып. 2.

- Виноградова З. А. 1961. Особенности биохимического состава и калорийности фито- и зоопланктона северо-западной части Черного моря в 1955—1959 гг.— Ученые зап. Одесской биол. станции, вып. 3.
- Виноградова З. А. 1962а. К изучению химического и элементарного состава морских десятиногих ракообразных.— Ученые зап. Одесской биол. станции, вып. 4.
- Виноградова З. А. 1962б. Биохимическое изучение синезеленых водорослей Днепровского лимана и северо-западной части Черного моря.— Сб. «Тезисы докладов Всесоюзного совещания о роли синезеленых водорослей в водоемах СССР». Изд-во АН УССР, Киев.
- Виноградова З. А. 1962в. Каротиноиды и витамин А в некоторых массовых формах планктона Черного моря.— Сб. «Материалы II научного Совещания по биохимии и использованию витаминов». Изд-во АН УССР, Киев.
- Виноградова З. А. 1963. Биохимический состав некоторых донных беспозвоночных Черного моря.— Ученые зап. Одесской биол. станции, вып. 5.
- Виноградова З. А. 1964. Некоторые биохимические аспекты сравнительного изучения планктона Черного, Азовского и Каспийского морей.— Океанология, т. IV, вып. 2.
- Виноградова З. А. 1965а. Биохимическое изучение синезеленых водорослей Днепровского лимана и северо-западной части Черного моря.— Сб. «Экология и физиология синезеленых водорослей». Изд-во «Наука», М.— Л.
- Виноградова З. А. 1965б. Роль морского планктона в миграции химических элементов.— Гидробиол. ж., т. 1, № 4.
- Виноградова З. А., Вендт В. П. 1958. Провитамины D и стерины некоторых беспозвоночных Черного моря.— Сб. «Витамины, т. IV». Изд-во АН УССР, Киев.
- Виноградова З. А., Ковальский В. В. 1962. К изучению химического элементарного состава черноморского планктона.— Докл. АН СССР, т. 147.
- Виноградова З. А., Ковбасюк А. С., Кривошей Э. Е., Лисовская В. И., Мазуренко Е. А. 1962. Биохимический состав и калорийность черноморского фито- и зоопланктона 1960 г.— Ученые зап. Одесской биол. станции, вып. 4.
- Вульфсон П. Л. 1962. Сравнительно-биохимический анализ аминокислот и дипептидов в мышечной ткани.— Успехи биол. химии, т. 4.
- Гаркина И. Н., Букин В. Н. 1951. Химический метод определения витамина D в рыбьих жирах.— Витаминные ресурсы и их использование, т. 1.
- Гольдштейн Б., Гинцбург М., Мильграм Е. 1938. Проблема специфичности тканевых протеиназ (катепсину).— Укр. биохим. ж., т. XI.
- Джелилева П. Д. 1952. Некоторые данные о химическом составе водорослей (макрофитов) Черного моря.— Труды Карадаг. биол. станции, вып. 12.
- Драгунов А. М., Касинова Н. Е. 1951. Рыбы Азовско-Черноморского бассейна как источник витамина А. Пищепромиздат, М.
- Дрокова И. Г. 1962. Водоросль *Dunaliella salina* как источник получения β-каротина.— Сб. «Материалы II Совещания по биохимии и использованию витаминов». Изд-во АН УССР, Киев.
- Емануилов И., Начер Л., Велчева П., Далов Т. 1960. Витамин B₁₂ в черноморских водорослях.— Сб. «Материалы Международной конференции по витаминам». Изд-во Болгарской АН, София.
- Зенкевич Л. А. 1963. Биология морей СССР. Изд-во АН СССР, М.
- Клейменов И. Я. 1952. Химический и весовой состав основных промысловых рыб. Изд-во «Рыбное хозяйство», М.
- Ковальский В. В. 1940. Первая конференция по вопросам сравнительной биохимии.— Успехи соврем. биол., т. XII, вып. 2.

- Ковальский В. В., Резаева Л. Т. и Кольцов Г. В. 1962. Содержание микроэлементов в организме и клетках крови асцидий.— Докл. АН СССР, т. 147, вып. 5.
- Коренцвит А. И. 1937. О комплексном использовании черноморской водоросли *Phyllophora perovska*.— Ж. прикладной химии, т. X.
- Крепс Е. М., Ченгыбаева Е. Ю. 1942. Новые данные по обмену CO_2 у ракообразных и насекомых.— Изв. АН СССР, сер. биол., № 5.
- Кручакова Ф. А. 1952. Содержание щелочных и щелочноземельных металлов и железа в мышцах некоторых рыб и беспозвоночных Черного моря.— Труды Карадаг. биол. станции, вып. 12.
- Кузнецова Л. Н. 1953. Витамин А в печени черноморских скатов.— Сб. «Витамины», т. 1. Изд-во АН УССР, Киев.
- Ланская Л. А., Пшенина Т. И. 1961. Содержание белка, жира, углеводов и золы в некоторых массовых планктонных водорослях Черного моря, выращенных в культурах.— Труды Севастоп. биол. станции, т. XIV.
- Лебедев С. И., Ярцева И. А. 1956. О полисахаридах красной водоросли *Phyllophora perovska*.— Докл. АН СССР, т. 109, № 1.
- Макаров А. К., Пилявская А. Е. 1951. Материалы по биологии черноморской креветки *Leander adspersus* Rathke.— Труды Карадаг. биол. станции, вып. 11.
- Мигаль А. К. 1963. До вивчення вітаміну B_{12} у безхребетних Чорного моря (мідії та креветки).— Укр. біохім. ж., т. 35, вып. 2.
- Миндер Л. П. 1955. Технологическая характеристика некоторых рыб Черного моря.— Труды АзЧерНИРО, вып. 16.
- Переpletчик Р. Р. 1951. Содержание витамина А в печени и других внутренних органах промысловых рыб и дельфинов Балтийского и Азово-Черноморского бассейнов.— Витаминные ресурсы и их использование, т. 1.
- Поликарпов Г. Г. 1964. Радиоэкология морских организмов. Атомиздат, М.
- Пора Е. А., Рошка Д. И. и Порумб И. Ф. 1961. Биология черноморской ставриды. Изменение липоидного обмена в зависимости от сезона (май—октябрь).— Вопросы ихтиологии, вып. 17.
- Северин С. Е., Диканова А. А. 1960. Аминокислотный состав безбелковых фильтратов гладких мышц позвоночных и беспозвоночных животных.— Биохимия, т. 25, № 6.
- Серенков Г. П., Пахомова М. В. 1959. Биохимическое исследование двух видов диатомовых водорослей.— Вестник МГУ, серия биол., почвоведения, геологии, географии, № 2.
- Цхомелидзе О. И. 1958. К биохимическому составу планктона восточной части Черного моря.— Сообщения АН Грузинской ССР, т. XXI, вып. 2.
- Шульман Г. Е. 1960. Динамика содержания жира в теле рыб.— Успехи соврем. биол., т. 49, вып. 2.
- Яценко Г. К. 1962. О биохимическом составе черноморской цистозирсы— *Cystoseira barbata* (Good et Wood) Ag. Ученые зап. Одесской биол. станции, вып. 4.
- Яценко Г. К. 1963а. Содержание альгиновой кислоты и спирта маннита в *Cystoseira barbata* (Good et Wood) Ag.— Научные докл. высшей школы, серия биол. науки, № 4.
- Яценко Г. К. 1963б. Кислородный обмен и фотосинтетические пигменты черноморской цистозирсы.— Физиология растений, т. X, вып. 6.