

Н.А. Әбдімүтәліп , А. Талғатқызы* ,

Ә.К. Құрбаниязов 

Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Қазақстан, Түркістан қ.
*e-mail: a_altungul@mail.ru

АРАЛ ТЕҢІЗІНІҢ БИОЖҮЙЕ КОМПОНЕНТТЕРІ ДЕГРАДАЦИЯСЫНЫҢ ФИЗИОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ БИОФИЗИКАЛЫҚ ҮДЕРІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада теңіз деңгейінің құлдырауы мен Арал өңірінің биожүйе компоненттеріне байланысты туындаған экологиялық проблемаларды шешу жөніндегі практикалық іс-шаралардың нәтижелері және оларды әзірлеу тәсілдері қарастырылды. Арал өңіріндегі биожүйе компоненттерінің дерадацияға ұшырау мәселелерін шешу жөніндегі бұрын жоспарланған және анықталған жаңа экологиялық проблемалар мен оларды шешуге арналған практикалық іс-шараларға әдеби шолу толығымен жүргізілді. Зерттеу әдістемесі теңіздің гидрофизикалық, гидрохимиялық және гидробиологиялық күйінің өзгеруіне, сонымен қатар ландшафттардың анықтамалық аймақтарын зерттеуге және кейіннен ғарыштық суреттердің нәтижелерімен салыстыруға арналған далалық зерттеулерді қамтыды. Ғылыми зерттеуде бактерио-, фито- және зоопланктонның горизонтальды және вертикальды таралу сипатын зерттеу, Chl-a және феопигменттер концентрациясын өлшеу, фито- және зоопланктонның таксономиялық құрамын анықтау арқылы олардың Арал теңізінің прогрессивті тұздануы аясындағы қазіргі жағдайының сипаттамасы қарастырылды. Ғылыми зерттеу жұмысының жаңалығы 2010 – 2020 жылдардағы проблеманың даму кезеңін сипаттайтын жаңа материалдарды, орындалған ғылыми зерттеулерді жүзеге асыру салдары алғаш рет анықталыңды. Ғылыми зерттеу нәтижелері гидролог, биолог, эколог мамандар үшін Арал аймағының әртүрлі ландшафтық өңірлеріндегі зерттеулер мен ғылыми-практикалық жұмыстарды тұжырымдауда, осы процестің болашақтағы тенденциясына экологиялық болжамдар жасауда қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: Арал теңізі, фитопланктон, Chl-a, экологиялық дағдарыс, Арал дерадациясы, биожүйе компоненттері, географиялық болжам, ландшафт.

N.A. Abdimutalip, A. Talgatkyzy*, A.K. Kurbaniyazov
International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi,
Kazakhstan, Turkestan
*e-mail: a_altungul@mail.ru

Study of physiological and biophysical processes of degradation of components of the Aral Sea biosystem

The article considers the results of practical measures to solve environmental problems arising from the fall in sea level and the components of the Aral Sea biosystem, and approaches to their development. A complete literature review of previously planned and identified new environmental problems and practical measures to address the degradation of components of the Aral Sea biosystem is carried out. The research methodology included field studies on changes in the hydrophysical, hydrochemical and hydrobiological state of the landscape, as well as the study of the reference zones of the landscapes and subsequent comparisons with the results of satellite images. The scientific study examines the characteristics of their current state against the background of progressive salinization of the Aral Sea by studying the nature of the horizontal and vertical distribution of bacterio-, phyto- and zooplankton, measuring the concentrations of Chl-a and pheopigments, and determining the taxonomic composition of phyto- and zooplankton. The novelty of the research work for the first time, the consequences of the implementation of new materials, performed scientific research, characterizing the period of development of the problem in 2010-2020, are determined. The results of scientific research can be used for specialists-hydrologists, biologists, ecologists in the formulation of research and scientific and practical work in various landscape zones of the island region, in the preparation of environmental forecasts for the future development of this process.

Key words: Aral Sea, phytoplankton, Chl-a, ecological crisis, island degradation, biosystem components, geographical forecast, landscape.

Н.А. Абдимуталип, А. Талгатқызы*, А.К. Курбаниязов

Международный казахско-турецкий университет
имени Ходжи Ахмеда Ясави, Казахстан, г. Туркестан
*e-mail: a_altungul@mail.ru

Исследование физиологических и биофизических процессов деградации компонентов биосистемы Аральского моря

В статье рассмотрены результаты практических мероприятий по решению экологических проблем, возникающих в связи с падением уровня моря и компонентами биосистемы Приаралья, и подходы к их разработке. Полностью проведен литературный обзор ранее запланированных и выявленных новых экологических проблем и практических мероприятий по решению проблем деградации компонентов биосистемы Приаралья. Методика исследования включала в себя полевые исследования, посвященные изменению гидрофизического, гидрохимического и гидробиологического состояния ландшафта, а также изучению эталонных зон ландшафтов и последующим сравнениям с результатами космических снимков. В научном исследовании рассмотрена характеристика их современного состояния на фоне прогрессивного засоления Аральского моря путем изучения характера горизонтального и вертикального распределения бактерио-, фито- и зоопланктона, измерения концентраций Chl-a и феопигментов, определения таксономического состава фито- и зоопланктона. Новизна научно-исследовательской работы: впервые определены последствия реализации новых материалов, выполненных научных исследований, характеризующих период развития проблемы в 2010-2020 годах. Результаты научных исследований могут быть использованы для специалистов-гидрологов, биологов, экологов при формулировании исследований и научно-практических работ в различных ландшафтных зонах островного региона, при составлении экологических прогнозов на будущее развитие этого процесса.

Ключевые слова: Аральское море, фитопланктон, Chl-a, экологический кризис, деградация острова, компоненты биосистемы, географический прогноз, ландшафт.

Кіріспе

Арал теңізінің құрғауы 1961 жылы басталды, ал тікелей өлшеудің соңғы деректері бойынша (2010 ж. қыркүйек) қазіргі кезде жер бетінен деңгейдің жалпы төмендеуі 26,7 м құрайды. Тұзданудың максималды және орташа мәндері шамадан жоғары артып, теңіздің құрғауы оның гидрофизикалық режимі мен химиялық күйінің түбегейлі өзгеруіне алып келді және оның биологиялық бірлестіктерін түбегейлі қайта құруға мәжбүр етті.

Кеңес Одағы кезінде Арал теңізі елдегі ең жақсы зерттелген теңіздердің бірі болды. Теңіздің физикалық, химиялық және биологиялық күйі жүйелі зерттеу мен бақылаудың негізгі тақырыбы болды. Зерттеу кемелерінің ғылыми саяхаттары жүйелі түрде жүргізіліп отырды, олардың саны әр жылдары өзгеріп отыратын, бірақ жұмыс істеп тұрған 11 теңіз жағалауы мен арал метеорологиялық станцияларында үздіксіз гидрометеорологиялық өлшеулер жүргізілді. Мұз режимін әуеден барлау және басқа да бақылаулар жүргізілді. Осы зерттеулердің нәтижесінде жүздеген мақалалар мен бірқатар

кітаптар жарық көрді, олардың кейбіреулері мысалы, [Л.К. Блинов «Арал теңізінің химиясы» (1956) немесе И.В. Рубанов «Арал теңізінің геологиясы» (1987)] Арал теңізінің қазіргі заманғы мамандары үшін «жұмыс үстелінде» қалады [1].

З.К. Ермахановтың және т.б. деректері бойынша ұзақ үзілістен кейін, Сырдария өзенінің ағыны Кіші Арал теңізіне түсе бастады. Осының нәтижесінде сағалық аймақта тұзсыздандырылған аймақ пайда болды, онда көл жүйелері мен Сырдария өзенінен байырғы кәсіпшілік ихтиофауна пайда бола бастады [2].

Соңғы онжылдықтарда Арал теңізі мен оның айналасындағы аумақтар мәселесі кең қоғамдық бұқараның, ғылыми және ұлттық экономикалық ұйымдардың назарын аударды. Арал өңірі экологиялық апат аймағына айналды. Арал теңізінің өзі 50-ші жылдардан бастап бұрынсоңды болмаған антропокалық әсерге ұшырады. Мұнда кең ауқымды акклиматизация жұмыстары жүргізілді, ғаламдар су қоймасындағы трофикалық байланыстарды түбегейлі өзгертті және тарихи қалыптасқан экожүйеде қайтымсыз өзгерістер тудырды. Су қоймасы кіші және үлкен теңіздерге жеке гидрологиялық-гидрохимиялық

режимдермен бөлінді, фауналардың құрамында айырмашылықтар пайда болды [3].

20 ғасырдың бірінші жартысында Арал теңізінде көптеген құнды балықтар мен пелагиялық планктонофагтардың болмауы қажетті формаларды енгізу арқылы оңай түзетілді. Алайда, бекіре тұқымдас балықтардың, муллет пен салаканың енгізілуінің жеткілікті биологиялық негіздемесіз және ең бастысы паразиттердің олармен бірге әкелінуі және ілеспе тіршілік иелерін: атерин, гобидің 7 түрі, ине-балық және ашяндар бірқатар жағымсыз салдарға алып келді, бұл толық анықталмаған және зерттелмеген. 60-жылдардың басынан бастап, теңіздің күтілетін тұздануы қарсаңында Арал фаунасының мақсатты қалыптасуы басталды, ол 1986 жылға дейін үзілістермен жалғасты. Арал теңізіне омыртқасыздардың 16 түрі және балықтардың 22 түрі мақсатты түрде немесе кездейсоқ енгізілді, зоопланктон, зообентос және ихтиофаунада акклиматизанттар басым бола бастады [3-4].

Су тұздылығы жануарлар үшін қоршаған ортаның маңызды абиотикалық факторларының бірі болып табылады. Бұл белгілі бір су қоймасының фаунасының көрінісін анықтайтын еріген тұздардың құрамы мен мөлшері. Арал теңізінде байқалған су тұздылығының біртіндеп артуы және фауналардың өзгеруі жалпы биологиялық маңызы бар мәселелерді шешу үшін бай материал болып табылады: мысалы, континентальды сулардағы тұщы су мен теңіз фаунасы арасындағы шекараның орналасуы, фенотиптік өзгерістікті толық көлемде жүзеге асыру мүмкіндігі, түрлердің үстемдік заңдылықтары және мекендейтін жерлердегі өзгеріп жатқан организмдердің саны мен биомассасының ауытқуы, биоценоздардың сабақтастығы, түрлердің шектеулі жиынтығы жағдайындағы трофикалық қатынастар [4-5].

Сонымен, жаңа мыңжылдықтың басында тез өзгертін теңіздің физикалық, химиялық және биологиялық жүйелерінің көптеген сипаттамалары нашар зерттелді, ал кейбіреулері ғылыми қауымдастыққа іс жүзінде белгісіз болды. Бір жағынан, осы уақытқа дейін Арал теңізінің экологиялық дағдарысы қоршаған ортаға антропогендік қауіптің нышаны ретінде бүкіл әлемге танымал болды, бұқаралық ақпарат құралдары тарапынан қызығушылық үнемі артып отырды. Екінші жағынан, теңіздің нақты күйі туралы нақты білім деңгейі көп жағдайда мүлдем жеткіліксіз болды [6].

Жұмыстың мақсаты жоғарыда айтылғандарға байланысты, акклиматизацияның Арал теңізінің

экожүйесіне ұзақ мерзімді әсерін талдау және регрессия кезеңінде оның биожүйе компоненттерін зерттеу болып табылады.

Мақсатқа қол жеткізу үшін келесідей міндеттер қойылған:

Арал теңізінің биожүйе компоненттері деградациясын анықтау;

Биожүйе компоненттері деградациясының физиологиялық ерекшеліктерін айқындау;

Биожүйе компоненттері деградациясының биофизикалық үдерістерін зерттеу;

Әдістемелік бөлім

Гидрогеология құрамына кіретін зерттеулердің түрлері, көлемдері, жүйелілігі мен әдістемесі зерттелетін ауданның геологиялық-гидрогеологиялық жағдайларын және зерттеу алдында қойылған негізгі және қосымша міндеттерді табысты шешуді ескере отырып негізделуі және орындалуы тиіс. Олар бұрын жүргізілген геологиялық, морфологиялық, гидрологиялық, биологиялық бақылауларды жинауды қамтиды. Әр түрлі жердегі көзбен шолып бақылау кезінде негізгі бөлінбейтін жұмыс түрлерінің бірі болып табылатын карталанған аумақты маршруттық зерттеу процесінде жүргізіледі [7-8].

Зерттеу әдістемесі ландшафттардың анықтамалық аймақтарын зерттеуге және кейіннен ғарыштық суреттердің нәтижелерімен салыстыруға арналған далалық зерттеулерді қамтыды. Жобаларды орындау кезеңінде теңіздің кеуіп қалған түбіне және іргелес аумаққа экспедиция ұйымдастырылды. Координаттарда 12-ден астам сынақ учаскелері сипатталған, 11-ден астам топырақ учаскелері салынған [9].

Далалық зерттеулердің құрамы мен әдістері:

– Гидрогеология: жер асты суларының деңгейі және олардың минералдануы;

– Топырағы: генетикалық сипаттамасы, механикалық құрамы, қарашірік, карбонаттар, гипс, тұздану, тұз құрамы, топырақ түрі;

– Өсімдіктер: құрамы, жағдайы, проекциялық жабыны;

– Экология: ландшафттардың тұрақтылығы, тәуекелділігі;

– Спутниктік суреттер бойынша жіктеу [10].

Арал теңізінің биожүйе компоненттері деградациясының физиологиялық және биофизикалық үдерістерін зерттеу жұмысы үрмелі қайықтар көмегімен жүргізілді. Осы экспедицияда бактериопланктон, Chl-a және фитопланктон және зоопланктонның тік таралуына зерттеу жүргізілді.

Мысалы фитопигменттерді анықтау әдісі: Батометрден 500 мл су пластикалық бөтелкелерге алынып, зертханаға тасымалдау үшін термостат контейнеріне орналастырылады. Жағалауда сынамалар GF/F шыны талшық сүзгілері арқылы 0,3 атомнан аспайтын вакуумда дереу сүзілді. Экстракция 90% ацетонда 20 ° C температурада қараңғы жерде 14-16 сағ ішінде жүргізілді [11]. Сығындылардың флуоресценциясы қышқылданғанға дейін және одан кейін 10% HCl екі тамшысымен Trilogy Turner Designs флюорометрінде өлшенді. Құрылғы таза хлорофилл көмегімен алдын ала калибрленген. Хлорофиллдің «а» концентрациясы мен феопигменттерді экстракорпоральды флюорометрия үшін [Стрикленд, Парсонс] [12] формуласы бойынша есептеді:

$$\text{Chl-a} = k * (\text{Fb} - \text{Fa}) * (V_{\text{экстр}} / V_{\text{воды}})$$

$$\text{Фитопигмент} = k * (\text{R} * \text{Fb} - \text{Fa}) * (V_{\text{экстр}} / V_{\text{воды}})$$

k – құрылғының калибрлеу коэффициенті;

Fb, Fa – сәйкесінше қышқылданғанға дейінгі және кейінгі зерттелетін ерітіндінің флуоресценциясы;

R – қышқылдандыру коэффициенті;

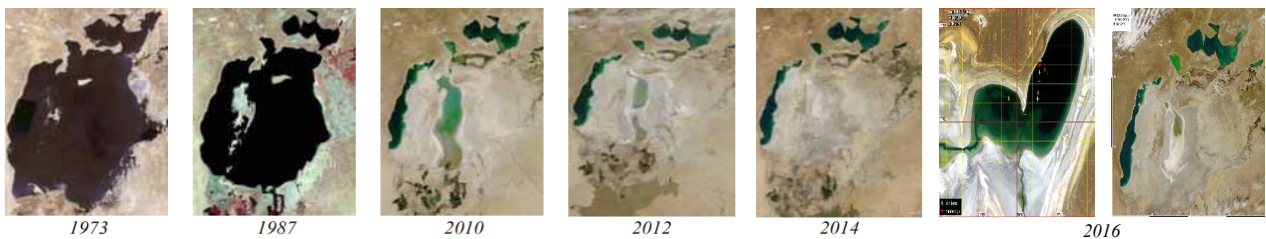
$V_{\text{экстр}}$ – ацетон экстрактының көлемі;

$V_{\text{воды}}$ – су сынамаcының көлемі.

Негізгі табиғи компоненттердің – рельефтің, топырақтың, өсімдіктердің өзара байланысын міндетті түрде ескере отырып, зерттелетін аумақ бойынша такырыптық карталар мен далалық зерттеулерді талдау негізінде табиғи-аумақтық кешендердің ландшафттарының негізгі түрлері анықталды [13].

Нәтижелер және оларды талқылау

Атап өтілгендей, Арал теңізінің құрғауына антропогендік кезең морфометриялық, физикалық, химиялық, биологиялық және басқа параметрлердің айтарлықтай өзгеруіне ғана емес, сонымен қатар жағалау аймағындағы инфрақұрылымның бұзылуына (метеорологиялық станциялар мен деңгейлік өлшегіштердің көп бөлігін қоса алғанда) әкелді. Ландшафттың гидрофизикалық, гидрохимиялық және гидробиологиялық жағдайының өзгеруін спутниктік мәліметтер базасын қолдану арқылы және ғарыштық суреттерді салыстыру нәтижесі негізінде толықтырылды (1-сурет).

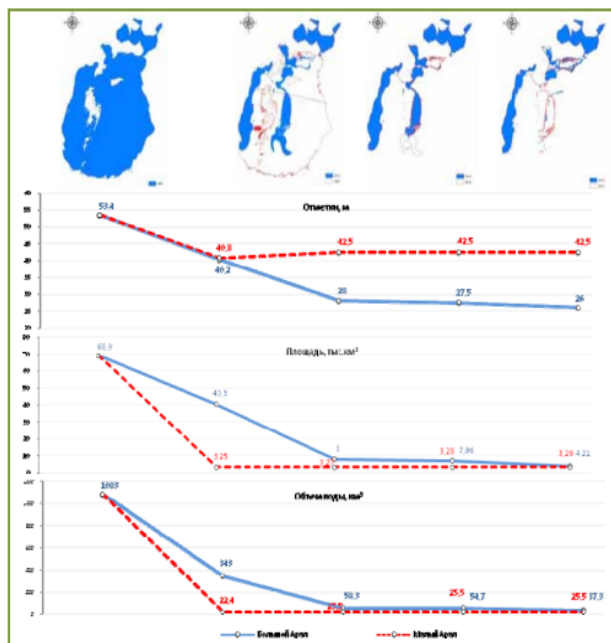


1-сурет – Арал теңізінің зерттеулерінің спутниктік көріністері

Алайда, Арал экожүйесінің жалғасып келе жатқан өзгерістеріне және су қоймаларының бір-бірінен берік бөлінуіне байланысты біздің зерттеулеріміздің географиясы кеңейтіліп, 2016 жылға дейін Арал теңізінің шекарасында орналасқан 3 негізгі су қоймасын қамтыды. Арал теңізінің әртүрлі бөліктерінде бір маусым шеңберінде спутник бақылауларды тиісті ұйымдастыру олардың арасында сапалы және сандық салыстыруды неғұрлым дәл жүргізуге мүмкіндік береді. Мысалы, Арал теңізінің әртүрлі бөліктеріндегі TPM ұзақ мерзімді өзгергіштігін бақылау үшін MSSST деректер массивтерін (Multi-Channel Sea Surface Temperature) және/

немесе Pathfinder жобасының деректерін (1985 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін Мұхит бетінің температурасы туралы жоғары сапалы Ғаламдық мәліметтер базасын шығаруға бағытталған NOAA/NASA бірлескен жобасы) пайдалануға болады (2-сурет).

Арал теңізінің құрғаған түбінің аумағын зерттеу кезінде спутниктік суреттердің екі түрі қолданылды – IRS LISS және Landsat – суреттерді GTZ сатып алынды. Суреттерде ерекшеленетін объектілердің ең аз мөлшерімен сипатталатын мәліметтердің кеңістіктік (геометриялық) ажыратымдылығы IRS үшін 23,5 м, ал Landsat спутнигі үшін сәйкесінше 28 м құрайды.



2-сурет – Сынама алынған нүктелерінің температуралық өзгерістері

Құрлықтағы өсімдіктердің жай-күйін өлшеу үшін спутниктерден екі немесе одан да көп спектрлі жолақтарда біріктірілген сигналға негізделген бірнеше вегетациялық индекстер жасалды.

Жоғарыда айтылғандай, бүгінгі күнге дейін Арал теңізіндегі судың көлемі өткен ғасырдың ортасымен салыстырғанда 10 еседен астамға азайды. Теңіз көлемі азайған сайын оның минералдануы 1960 жылы 10 г / кг-нан 2002 жылы 82 г / кг-ға дейін өсті [14] және 2010 жылы 114 г / кг-ға жетті. Берілген шамалар батыс бассейнінің беткі қабатын білдіреді, ал шығыс бассейнінде тұздылықтың артуы одан да маңызды болып отыр.

Бұл кезде Арал эокөжүйесінде күрт өзгерістер болды [14-15], автохтонды түрлердің көпшілігінің жойылуымен және биоалуантүрліліктің айтарлықтай төмендеуі байқалды. Мысалы, минералданудың күрт өсу кезеңінде 1971 жылдан 2002 жылға дейін фитопланктон түрлерінің саны 375-тен 139 түрге, ал зоопланктон 42-ден 4 түрге дейін азайды [16].

Түрлердің алуан түрлілігіндегі үлкен шығындарға қарамастан, Арал теңізінің қазіргі эокөжүйесін өліп бара жатқан деп атауға болмайды. Пелагиялық аймақта өте жоғары тұздылыққа бейімделген ерекше, бірақ өміршең биологиялық қауымдастықтар тіршілік етеді және белсенді жұмыс істейді [17]. Осы түрлердің бірі – пела-

гиялық гилл табанды шаян *Artemia parthenogenetica*, гипергалин су қоймаларының типтік тұрғыны. Үлкен Аралда Артемия тек 2000 жылы пайда болды, сол кезде тұздылығы 63 г/кг-ға дейін өсті, ал 2002 жылы оның биомассасы 0,3 г/м-ге тең болды, бұл зоопланктонның жалпы массасының 99% құрады [18]. Артемия түрлері бүкіл әлемде кеңінен таралған және барлық жерде фундаменталды ғылыми зерттеулердің объектісі ретінде (экологиялық, генетикалық, эволюциялық, палеонтологиялық) және коммерциялық мақсаттарда қарқынды түрде зерттеледі, өйткені ұйықтап жатқан артемия жұмыртқалары (кисталары) коммерциялық маңызы зор және аквариумда қолданылады. Жақында Арал теңізінде тұзды асшаяндарды дамыту осы түрдің жұмыртқаларын демалуға кәсіптік балық аулау мүмкіндігі тұрғысынан кейбір шетелдік компаниялардың қызығушылығын тудырды [19].

Жоғарыда бірнеше рет көрсетілген Үлкен Аралды экспедициялық бақылау бағдарламасы кезінде, гидрофизикалық және гидрохимиялық жағдайлардың күрт өзгеруі жағдайында Арал теңізінің биологиялық қайта құрылымдау бағытын, түр құрамының өзгеруін, пелагиялық жүйенің сандық және өндірістік сипаттамаларын бағалау бойынша зерттеулер жүргізілді.

Бұл мәселені шешу үшін келесі жұмыстар жүргізілді:

- 1) бактерио-, фито- және зоопланктонның горизонтальды және вертикальды таралу сипатын зерттеу [20];
- 2) Chl-a және феопигменттер концентрациясын өлшеу;
- 3) фито- және зоопланктонның таксономиялық құрамын анықтау;
- 4) *Artemia parthenogenetica*-да жұмыртқалардың қоректену және өну жылдамдығын эксперименттік зерттеу [21].

Жазғы – күзгі маусым кезеңінде Үлкен Аралдың батыс алабында балдырлардың 56 түрі кездесті (1-кесте), оның 28 түрі диатомдар (*Bacillariophyta*), жасыл балдырлардың түрлері (*Chlorophyta*), 2 түрі криптофиттер (*Cryptophyta*), динофиттер (*Dinophyta*), алтын (*Chrysophyta*) және эвглена (*Euglenophyta*) балдырлары, көкжасыл (*Suanophyta*) балдырлардың 5 түрі, флагеллаттардың 2 түрі (*Flagellata*) [22] және прازیнофиттердің (*Prasinophyta*) балдырлардың 1 түрі. Жасыл балдырлар, *Chlamidomonas sp.*, маусым айында және *Oosustis* субмаринасы, тамызында және қыркүйегінде, зерттеу кезеңінде олардың саны басым болды (1-кесте). Маусымда фитопланктонда диатомдар да басым болды,

олардың көптігі жалпы санының 5%-дан аспайды. Батыс бассейндегі түрлердің ең көп саны (37 түрі) маусым айларында табылды. Тамыз және қыркүйек айларында сәйкесінше 20 және 33 түр кездескен [23].

Хлорофиллдің тік таралу сипаты фитопланктонның термоклин қабатындағы максималды концентрациясы бойынша таралуына сәйкес келді, ол маусымда 9, тамызда 5,3, қыркүйекте 7,5 мкг Chl / л болды. Сыртқы жағынан Chl-а концентрациясы 1-2 мкг құрады. Chl-а жоғарылауы төменгі қабатта жиі байқалды. Су бағанына арналған Chl-а орташа концентрациясы маусымда 4,9 мкг / л құрады және тамыз бен қыркүйек айларымен салыстырғанда айтарлықтай жоғары болды (сәйкесінше 3,2 және 3,6).

211 г / кг тұздылығы бар шығыс бассейнінде 14 диатом түрі табылды, олардың ішінде басым түрлері *Halamphora coffeaeformis*[24], ал *Fragilaria brevistriata*, *Halamphora holsatica*, *Nitzschia amphibia* және *Navicula spp.* барлығы балдырлардың жалпы санының 40%-дан астамын құрады (1-кесте). Жасыл балдырлар – фитопланктонның құрылымы көптеген споралармен ұсынылған.

2008-2010 жылдардағы Ұлы Арал теңізінің фитопланктон қауымдастығының құрылымындағы өзгерістер 1-суретте көрсетілген. Фитопланктонның құрылымы мен молдығын-

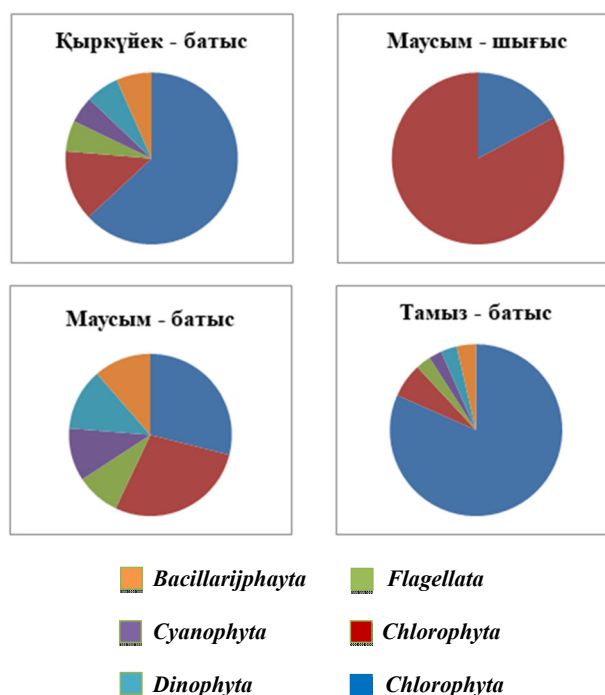
дағы үлкен айырмашылықтар батыс және шығыс алаптары арасында байқалды. 2008 жылғы маусымда шығыс бассейніндегі жалпы фитопланктон популяциясы $0,9 \times 10^6$ жасуша / л, ал жалпы биомасса 93 мкг С / л құрады, ал батыс алабында бұл көрсеткіштер $2,4 \times 10^6$ жасушалар / л және 538 жетті мкг С / L сәйкесінше. Шығыс алабында фитопланктон негізінен диатомдардан тұрды, ал олардың көптігінің 20%-ы жасыл балдырлардың споралары болды. Батыс бассейнінде жасыл және диатомдар басым болатын барлық фитопланктон топтары 2008 жылдың жазында ұсынылды (1-суретті қараңыз). Тамыз және қыркүйек айларында балдырлардың саны ($9,2 \times 10^6$ жасушалар / л және $8,5 \times 10^5$ жасушалар / л) маусымға қарағанда шамамен 4 есе көп болды, ал биомасса айтарлықтай төмен болды, ол тамызда 352 жасушалар мен қыркүйекте 213 мкг С / L құрады. Бұл жаздың екінші жартысында фитопланктон құрамының өзгеруіне байланысты болды; ол ұсақ балдыр жасушаларының, негізінен хлорофиталардың абсолютті үстемдігімен сипатталды (3-сурет). Батыс бассейнінің тұздылығы 2008-2010 жж. 104-тен 117 г / кг-ға дейін өсті, фитопланктон қауымдастығының түр құрылымында байқалған жыларалық өзгерістер, ең алдымен, жыл мезгілдерінің сабақтастығына байланысты болды [25].

1-кесте – Үлкен Арал теңізінің жазғы-күзгі маусымындағы фитопланктон құрамы

Түрлер	Шығыс бассейн		Батыс бассейн	
	маусым	маусым	тамыз	қыркүйек
<i>Cyanophyta</i>				
<i>Aphanotece clathrata</i> West and West	-	-	-	+
<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat	-	-	-	+
<i>Microcystis pulverea</i> (Wood) Forti et. Elenk.	-	-	-	+
<i>Synechococcus aeruginosus</i> Nag.	-	+	+	+
<i>S. elongatus</i> Nag.	-	М	+	М
<i>Cryptophyta</i>				
<i>Chroomonas sp.</i>	-	+	+	+
<i>Rhodomonas salina</i> (Wisl.)Hill et Wetherbee	-	М	+	+
<i>Euglenophyta</i>				
cf. <i>Euglenophyta</i>	-	-	+	-
<i>Trachelomonas cf. verrucosa</i> Stokes	-	-	+	-

Түрлер	Шығыс бассейн	Батыс бассейн		
	маусым	маусым	тамыз	қыркүйек
<i>Dinophyta</i>				
<i>Gymnodinium sp.1</i>	-	+	-	+
<i>Gymnodinium sp.2</i>	-	+	+	+

М – басым түрлер (жалпы санының 5-15%)
 «+» – жалпы санының <5% құрайтын түрлер
 «-» – сынамада кездеспеген түрлер



3-сурет – Үлкен Арал теңізінің жазғы-күзгі маусымындағы фитопланктон құрамы

Хлорофиллдің тік таралу сипаты фитопланктонның термоклин қабатындағы максималды концентрациясы бойынша таралуына сәйкес келді, ол маусымда 9, тамызда 5,3, қыркүйекте 7,5 мкг Chl / л болды. Сыртқы жағынан Chl-а концентрациясы 1-2 мкг құрады. Chl-а жоғарылауы төменгі қабатта жиі байқалды. Су бағанына арналған Chl-а орташа концентрациясы маусымда 4,9 мкг / л құрады және тамыз бен қыркүйек айларымен салыстырғанда айтарлықтай жоғары болды (сәйкесінше 3,2 және 3,6).

Үлкен Арал теңізінің фитопланктон қауымдастығының құрылымындағы өзгерістер 1-суретте көрсетілген. Фитопланктонның құрылымы мен молдығындағы үлкен айырмашылықтар батыс және шығыс алаптары арасында байқалды.

Маусымда шығыс бассейніндегі жалпы фитопланктон популяциясы $0,9 \times 10^6$ кл/л, ал жалпы биомасса 93 мкг С/л құрады, ал батыс алабында сәйкесінше бұл мәндер $2,4 \times 10^6$ кл/л және 538 мкг мкг С/л-ға жетті. Шығыс алабында фитопланктон негізінен диатомдардан тұрды, ал олардың көпшілігінің 20%-ы жасыл балдырлардың споралары болды. Батыс алабында жасыл және диатомды балдырлар басым болатын барлық фитопланктон топтары жазда болды (1-сурет). Тамыз және қыркүйек айларында балдырлардың саны ($9,2 \times 10^6$ кл/л және $8,5 \times 10^6$ кл/л) маусымға қарағанда шамамен 4 есе көп болды, ал биомасса айтарлықтай төмен болды, тамызда 352, қыркүйекте 213 мкг С/л құрады.

Қорытынды

Зерттеу жұмысын жүргізу барысында Арал өңірінің биожүйе компоненттері деградациясының физиологиялық және биофизикалық үдерістеріне байланысты туындаған экологиялық проблемаларды шешу жөніндегі іс-шараларды әзірлеу тәсілдері қарастырылды. Ғылыми зерттеу жұмысы бұрын жүргізілген геологиялық, морфологиялық, гидрологиялық, биологиялық бақылауларды жинауды қамтыды. Зерттеуде Үлкен Арал теңізінің төменгі биожүйе қауымдас­тығының кеш қайта тұздану кезеңінде қалай құрылымдалғаны және өзгергені қарастырылды.

Арал теңізінің тұздылығына байланысты биожүйе компоненттерінің деградацияға ұшырау процесінің негізгі 3 кезеңін атап көрсетуге болады:

– 1971-1976 жылдары, тұздылығы 12–14 г / л-ден асқанда, тұщы су шыққан тұзды су түрлері жоғалып кетті;

– 1986-1989 жылдары, тұздылығы 23–25 г / л-ден асқанда, Каспийден шыққан тұзды-су түрлері жойылды;

– 1990 жылдардың аяғында 2000 жылдардың басында. Үлкен Аралдан, оның тұздылығы 80-100 г / л-ден асқанда, теңіздің шығу тегі жоғалады.

1989 жылы кебу нәтижесінде Арал теңізі екі бөлікке бөлінді: солтүстігінде Кіші Арал және оңтүстігінде Үлкен Арал.

Биожүйе компоненттерінің жағдайы үш негізгі себеп бойынша зерттелді:

– Макрофиттердің біртіндеп ыдырауы аясында топ бентикалық экожүйелердің өнімділігі үшін негіз болды, сондықтан оның құрамын және әртүрлілігін талдау қажет болды.

– Микрофиттердің галотолеранттылығы бұрын сипатталғаннан өзгеше болуы мүмкін. Оның шектерін анықтау соңғы уақыттағы палеоэкологиялық және палеоклиматтық қайта құруда үлкен көмек.

– Прогрессивті тұздану аясында Арал теңізіне жаңа субстраттарда ценоздардың пайда болуы қызықты табиғи тәжірибе болды.

– Экологиялық зерттеу жұмысының пайдасы тек су айдынының техникалық көрсеткіштерінің жақсаруы ғана емес, өңірдегі биологиялық ресурстардың молаюында (балық қоры, өсімдік жамылғысы, жануарлар әлемі, құстардың саны көбеюі).

«Кіші Аралды қалпына келтіру» сияқты қоршаған ортаны қалпына келтірудің ауқымды жобалары мұқият мониторинг жүргізуді қажет етеді. Ғылыми зерттеу нәтижелері гидролог, биолог, эколог мамандар үшін күтілген жұмыс нәтижесін алу үшін ғана емес, кері байланыс беруге, жаңа тәжірибелермен алмасуға, сонымен қатар осындай зерттеулерді басқа жерлерде де сәтті өткізуге көмектеседі.

Әдебиеттер

- 1 Alzhanova, A.A., Baineeva, P.T., Seidakhmetov, M.K., Raimbekov, Zh.S., Syzdykbayeva, B.U. Water resources of transboundary rivers of the Republic of Kazakhstan: Management principles, methods and mechanism // *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*. – 2018. – Vol. 41, – P. 87-91.
- 2 Dzhamantikov, Kh.D., Toktamysov, A.M., Narenova, S.M., Aldanazar, D.N., Tapalova, A.S. The use of chelated microfertilizers applied for rice on saline soils of the Kazakhstan Aral Sea region // *Ecology, Environment and Conservation*. – 2018. – Vol. 24. – P. 484-488.
- 3 Ibragimova, R.A., Sharipov, S.M., Abdunazarov, U.K., Mirakmalov, M.T., Ibraimova, A.A. Aral physical and geographic district, Uzbekistan and Kazakhstan // *Asia Life Sciences*. – 2019. – Vol. 1. – P. 227-235.
- 4 Karimova, B.Z., Alimbekova, S.K., Mukhatova, A.D. Ecological problems in mass media in Kazakhstan // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2018. – Vol. 10. – №6. – P. 1422-1427.
- 5 Khojiyev, A., Khaydarov, T., Rajabov, N., Pulatov, J. Optimal solution leaching rates with a deficit of irrigation water // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. -Vol – 883. – 012091
- 6 Krutov, A., Bazarov, D., Norkulov, B., Obidov, B., Nazarov, B. Experience of employment of computational models for water quality modelling // *E3S Web of Conferences*. – 2019. – Vol – 97. -05030
- 7 P. Micklin The Future Aral sea: hope and despair // *Environmental Earth Science*. – 2016. – Vol – 75, – № 9. – P. 1-15.
- 8 Panichkin, V., Sagin, J., Miroshnichenko, O., Yerikuly, Z., Livinskiy, Y. Assessment and forecasting of the subsurface drain of the Aral Sea, Central Asia // *International Journal of Environmental Studies*. – 2017.- Vol-74, – №2.- P.1-15.
- 9 Ravshan, O., Ra'no, R., Usmon, A., Risbek, S., Azizkhon, K. The aral tragedy and its threats to regional life, issues of cooperation in solving the aral problem // *International Journal of Scientific and Technology Research*. – 2020.- Vol – 9, – №4. – P.2277-8616.
- 10 Sun, F., Ma, R. Hydrologic changes of Aral Sea: A reveal by the combination of radar altimeter data and optical images // *Annals of GIS*. – 2019. – Vol – 25, – №3. – p. 247-261.

- 11 Tokbergenova, A., Kiyassova, L., Kairova, S. Sustainable development agriculture in the republic of Kazakhstan // Polish Journal of Environmental Studies. – 2018. – Vol -27,- №5. – с. 1923-1933.
- 12 Wheeler W. Mitigating disaster: The aral sea and (post-)soviet property // Global Environment. – 2018.- Vol-11, – №2.- P. 346-376
- 13 Zhang, Y.F., Li, Y.P., Huang, G.H., Ma, Y. A copula-based stochastic fractional programming method for optimizing water-food-energy nexus system under uncertainty in the Aral Sea basin // Journal of Cleaner Production. – 2021.- Vol-292.-126037
- 14 Zhurabekova, G., Balmagambetova, A., Bianchi, S., Bekmukhambetov, Y., Macchiarelli, G. The toxicity of lindane in the female reproductive system: A review on the aral sea // EuroMediterranean Biomedical Journal. – 2018. -Vol – 13,- №24. p. 104-108.
- 15 Abdimutalip, N.A., Toychibekova, G.B., Kurbanyazov, A.K. Study of the bio containers of optimal composition to improve the growth and development of plants // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Agricultural Sciences. – 2019 – Vol – 2, – №50. – p. 94-98
- 16 Kurbaniyazov, A.K. Research of transformation of biogenous elements in water ecosystems of the southern AralSea area // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Agricultural Sciences. – 2019. – Vol. 3, №51, p. 33-36.
- 17 Беленко В.В. Биологическое разнообразие как основа устойчивого развития природных экосистем // Естественные и технические науки. – 2017. – Vol-1. – С. 14-17.
- 18 Бахмацкая А.И. Анализ экологической безопасности процессов хлорирования воды // Экология промышленного производства. – 2016. – Vol. 2. – С. 52-56.
- 19 Плотников И.С. Многолетние изменения фауны свободноживущих водных беспозвоночных Аральского моря. – СПб.: ЗИН РАН, 2016. – С. 168.
- 20 Крейг Р. Битти, Нил А. Кокс и Мирьям И. Кьюзи Методические рекомендации. – Гланд, Швейцария: МСОП, 2018. – Vol-1. – С. 42.
- 21 Леонова Н. Потому что без воды... // В мире науки. – 2016. – Vol. 8. – С. 28-33.
- 22 Липка О.Н. Адаптация к изменениям климата для сохранения // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2016. – Vol. 1. – Р. 56-40.
- 23 Османова Г.О. Биоморфология особей и эколого-демографическая характеристика ценопопуляций // Известия РАН. Серия биологическая. – 2016. – Vol. 5. – Р. 544–550.
- 24 Пономарева Л.С. О порядке составления и актуализации перечня // Использование и охрана. – 2016. – Vol.2. – Р. 17-21.
- 25 Хомидов Я.Я. Экологические проблемы Аральского моря: легенды и решения // Молодой ученый. – 2016.- Vol – 9, – № 113. – p. 450-453.

References

- 1 Abdimutalip, N.A., Toychibekova, G.B., Kurbanyazov, A.K. « Study of the bio containers of optimal composition to improve the growth and development of plants» News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan 2, no.50, (2019): 94-98
- 2 Alzhanova, A.A., Baineeva, P.T., Seidakhmetov, M.K., Raimbekov, Zh.S., Syzdykbayeva, B.U.. «Water resources of transboundary rivers of the Republic of Kazakhstan: Management principles, methods and mechanism.» Journal of Mechanical Engineering Research and Developments 41, no. 2, (2018): 87-91.
- 3 Dzhamentikov, Kh.D., Toktamysov, A.M., Narenova, S.M., Aldanazar, D.N., Tapalova, A.S. «The use of chelated microfertilizers applied for rice on saline soils of the Kazakhstan Aral Sea region.» Ecology, Environment and Conservation 24, no. 1, (2018): 484-488.
- 4 Ibragimova, R.A., Sharipov, S.M., Abdunazarov, U.K., Mirakmalov, M.T., Ibraimova, A.A.. «Aral physical and geographic district, Uzbekistan and Kazakhstan.» Asia Life Sciences, no.1, (2019): 227-235.
- 5 Karimova, B.Z., Alimbekova, S.K., Mukhatova, A.D. «Ecological problems in mass media in Kazakhstan.» Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 10, no. 6, (2018): 1422-1427.
- 6 Khojiyev, A., Khaydarov, T., Rajabov, N., Pulatov, J.. «Optimal solution leaching rates with a deficit of irrigation water.» IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, no. 883, (2020): 012091
- 7 Krutov, A., Bazarov, D., Norkulov, B., Obidov, B., Nazarov, B. «Experience of employment of computational models for water quality modelling.» E3S Web of Conferences, no. 97, (2019): 05030
- 8 Micklin. P., «The Future Aral sea: hope and despair.» Environmental Earth Science 75, no. 9, (2016): 1-15.
- 9 Panichkin, V., Sagin, J., Miroshnichenko, O., Yerikuly, Z., Livinskiy, Y. «Assessment and forecasting of the subsurface drain of the Aral Sea, Central Asia.» International Journal of Environmental Studies 74, no. 2, (2017): 1-15
- 10 Ravshan, O., Ra'no, R., Usmon, A., Risbek, S., Azizkhon, K. «The aral tragedy and its threats to regional life, issues of cooperation in solving the aral problem.» International Journal of Scientific and Technology Research 9, no. 4, (2020): 2277-8616
- 11 Sun, F., Ma, R. «Hydrologic changes of Aral Sea: A reveal by the combination of radar altimeter data and optical images.» Annals of GIS 25, no. 3, (2019): 247-261.
- 12 Tokbergenova, A., Kiyassova, L., Kairova, S. «Sustainable development agriculture in the republic of Kazakhstan.» Polish Journal of Environmental Studies 27, no. 5, (2018): 1923-1933.
- 13 Wheeler, W. «Mitigating disaster: The aral sea and (post-)soviet property.» Global Environment 11, no.2, (2018):346-376

- 14 Zhang, Y.F., Li, Y.P., Huang, G.H., Ma, Y. «A copula-based stochastic fractional programming method for optimizing water-food-energy nexus system under uncertainty in the Aral Sea basin.» *Journal of Cleaner Production* 292, (2021):126037
- 15 Zhurabekova, G., Balmagambetova, A., Bianchi, S., Bekmukhambetov, Y., Macchiarelli, G. «The toxicity of lindane in the female reproductive system: A review on the aral sea.» *EuroMediterranean Biomedical Journal* 13, no. 24, (2018): 104-108.
- 16 Kurbaniyazov, A.K. « Research of transformation of biogenous elements in water ecosystems of the southern Aral Sea area» *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan* 3, no.51, (2019): 33-36
- 17 Belenko, V. “Biologi raznobrazie kak osnova ustoyivogo razvitiye prirodnykh ecosystem.” *Estestvennoe I tehicheskie nauki* 1 (2017): 14-17.
- 18 Bahmackaya, A. “Analiz ekologicheskoi bezopasnosti procesov hlorigovaniya vody” *Ekologia promyshlennogo proizvodstva*, no. 2, (2016): 52-56.
- 19 Plotnikov, A. «Mnogoletnye izmeneniye fauny svobodnoy vodnykh bezpozonochnykh Aralskovo morya». SANK-PETERBURG: ZIN RAN, 2016
- 20 Kreig, R. Bitti, Nil, A. Koks i Maryam, I. *Metodicheskyye rekomendatsyi*. Gland, Switzerland:MSOP, 2018
- 21 Leonov, O. «Potomy shto bez vody...» *V mire nauky*. no.8, (2016): 28-33.
- 22 Lipka, O. « Adaptatsiya k izmeneniye klimata dlya sohraneniye» *Ispolzovaniye i ohrana prirodnykh resyrsov v Rasii*, no. 1, (2016): 56-40.
- 23 Osmanova, G. «Biomorfologiya osobey i ekologo-drmograficheskaya harakteristika cenopopylyaciye» *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya*, no. 5, (2016): 544–550.
- 24 Ponomarieva, L. ‘ O poryadke sostsvleniye i aktualizatsiya perechnya» *Ispol’zovaniye i ohrana*, no. 2, (2016): 17-21.
- 25 Homidov, Ya. *Ekologicheskije problemy Aralskovo morya: legendy i resheniya*. *Molodoi uchenyi* 9, no.113 , (2016): 450-453.